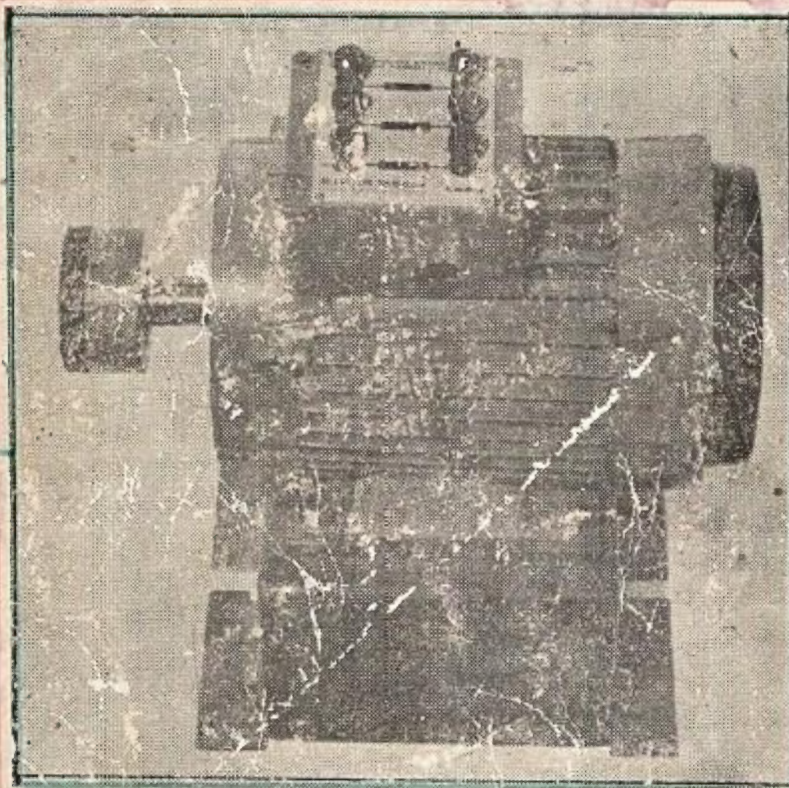


الكيمياء العملية

حسابات وطرق لف محركات التيار المستمر
محركات التيار المتغير والمحولات الكهربائية



إعداد

محمد فريد محمد زبهي

مؤيد الكهرباء والعلوم بالتعليم الصناعي

حقوق الطبع والنشر محفوظة للؤلف

طبعة ١٩٩١

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

كلمة حق وشكر

أحمد الله على ثقة الجميع في كتابي الكهرباء العملية ونظرا لنفاذ الطبعة السابقة فقد قمت بتزويد هذه الطبعة الجديدة بمعلومات وبيانات متعددة لم تكن في الطبعة السابقة حيث وجدت فيها ما يفيد كل من يعمل في هذا المجال واني أدعو الله أن يوفقني دائما لخدمة جميع السادة الزملاء وأن أكون عند حسن الظن بى من الجميع .

مع تقديم خالص التحية لكل من ساهم وكانت له لمسة فنية
او علمية فى هذه الطبعة

السادة

ادوار غبريال

خبير بالتعليم الصناعى

سيد أمين سيد

موجه كهرباء بالجيزة

أحمد محمد خليفة

وكيل الجيزة الكهربائية

بشير أمين محمد الجندي

وكيل القاهرة الفنية بالقبة

نبيل عبد الفتاح

وكيل القاهرة الفنية بالقبة

الزميل

محمد فريد

تعريف عربى انجلىزى

| | | | |
|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Cable lug | نهاية كابل | Filament Lamp | مصباح عاده |
| Terminal Lug | نهاية موصل | | مصباح فلورسنت |
| Dividing box | صندوق تفريغ بواط | Fluorescent Lamp | |
| | توزيع كابلات تحت الارض | | مصباح زئبقى |
| Underground distribution | | Mercuy - vapour Lamp | |
| Motor | محرك كهربى | | مصباح صوديوم |
| A. C. motor | محرك تيار متغير | Sodium - vapour Lamp | |
| D. C. motor | محرك تيار مستمر | Fuse | مصهر |
| Repalsion motor | محرك تنافرى | Tumbler switch | مفتاح عاده |
| Schrage motor | محرك شراجا | | مفتاح بسكين سلم |
| | محرك بحلقات انزلاق | Double - throw switch | |
| Slip - ring motor | | Button switch | ضاغط جرس |
| | محرك قفص سنجاب | Knife Switch | مفتاح سكينه |
| Squirrel - cage motor | | Socket - outler | مأخذ تيار بريزة |
| Universal motor | محرك عام | Ballast | لف خانق |
| Dynamo | مولد كهربى | Bell transformer | محول جرس |
| Generating station | محطة توليد | Starter | يادىء تشغيل |
| Substation | محطة فرعية | Trembling bell | جرس رنان |
| | محطة محولات | Buzzer | جرس طنان |
| Transformer substation | | Time Switch | مفتاح توقيت |
| Switch board | لوحة توزيع | | مفتاح تلامس بقاطع تلقائى |
| In - Series | على التوالى | Contacto | |
| In - Parallel | على التوازى | Reversing Switch | مفتاح عاكس |
| Collector shoe | عضو توزيع | | مفتاح قاطع زيتى |
| Commutator | عضو توحيد | Oil circuit breaker | |
| Alternating Current | تيار متغير | Busbar | موصل تضبان رئيسية |
| Direct current | تيار مستمر | Overhead line | موصل خط هوائى |
| | | Tower | برج شد الأسلاك |

فهرست کلمات انگلیزی

| | | | |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| Cable lug | پایه کابل | Filament lamp | لامپ رشته‌ای |
| Terminal lug | پایه ترمینال | Fluorescent lamp | لامپ فلورسنت |
| Dividing box | جعبه تقسیم | Mercury - vapour lamp | لامپ بخار جیوه |
| Underground distribution | توزیع زیرزمینی | Sodium - vapour lamp | لامپ بخار سدیم |
| Motor | موتور | Fuse | فیوز |
| A. C. motor | موتور جریان متناوب | Tumbler switch | کلید چرخشی |
| D. C. motor | موتور جریان مستقیم | Double - throw switch | کلید پرتاب دوگانه |
| Repulsion motor | موتور دفع | Button switch | کلید دکمه‌ای |
| Schrage motor | موتور شراگ | Knife switch | کلید چاقه‌ای |
| Slip - ring motor | موتور پل‌دار | Socket - outlet | پریز |
| Squirrel - cage motor | موتور سنجاب | Ballast | مقاومت |
| Universal motor | موتور همه‌کاره | Bell transformer | تبدیل‌گر زنگ |
| Dynamo | ژنراتور | Starter | تسکین |
| Generating station | محطة تولید | Tumbling ball | گلوله چرخان |
| Substation | محطة فرعی | Buzzer | زنگ |
| Transformer substation | محطة متولات | Time Switch | کلید زمان |
| Switch board | پانله توزیع | Contactor | مقطع |
| In - Series | سری | Reversing Switch | مقطع معکوس |
| In - Parallel | سری موازی | Oil circuit breaker | مقطع روغن |
| Collector shoe | مغزه | Busbar | معمول |
| Commutator | معمول | Overhead line | معمول |
| Alternating Current | جریان متناوب | Tower | برج |
| Direct current | جریان مستقیم | | |

مفكرة سريعة

المادة والكهرباء :

تنقسم المادة بالنسبة لمرور التيار الكهربى فيها الى نوعين

١ - **مادة موصلة :** وهى المادة التى تسمح لمرور التيار الكهربى فيها ، وهى ايضا المادة التى تحتوى على الكترونات حرة ، وقد تختلف هذه المادة فيما بينها بدرجة جودة توصيلها للكهرباء حيث نجد أن الفضة مثلا تعتبر أجود المواد توصيلا للكهرباء ثم باقى المواد حسب جودة التوصيل .

٢ - مادة عازلة :

وهى المادة التى تقاوم مرور التيار الكهربى فيها — وهى ايضا تختلف فيما بينها بدرجة عزلها حيث نجد أن الميكا الصلبة أجود المواد العازلة ثم تأتى بعد ذلك باقى المواد حسب جودة العزل .

المقاومة والكهرباء :

يمكننا القول بأن المقاومة هى خاصية المادة المقاومة لمرور التيار الكهربى ، ووحدة هذه المقاومة هى الأوم (واحد أوم التى تبديها اندائرة التى على طرفيها فرق جهد واحد فولت بحيث يكون التيار المار فى هذه المادة مقداره واحد أمير) .

المقاومة النوعية :

يمكننا القول أن المقاومة النوعية للمادة هى (مقاومة موصل طوله واحد سنتيمتر ومساحة مقطعه واحد سنتيمتر مربع فى اتجاه مرور التيار) .

ويرمز لها (ع) وهى تتناسب طرديا مع الطول وعكسيا مع مساحة مقطع الموصل — فإذا كانت (م) رمز المقاومة ، (ل) رمز طول الموصل ، (س) رمز مقطعه يكون قانون المقاومة كالآتى :

$$م = \frac{ع \times ل}{س} = \text{أوم}$$

تعريف وحدات القياس الكهربائية

المعيار الدولي

الفولت : هي وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) وهو مقدار القوة

الدافعة التي تحدث تيارا شدته واحد أمبير مع موصل مقاومته واحد أوم .

الأمبير : هو الوحدة التي تقاس بها شدة التيار الكهربى وهو عبارة عن التيار

الذى يمر فى مقاومة مقدارها واحد أوم وفرق جهد بين طرفيها مقداره واحد فولت .

الأمبير : هو الوحدة العلمية لقياس المقاومة وهو عبارة عن مقاومة الموصل

الذى يصلح لمرور تيار كهربى شدته واحد أمبير إذا كان فرق الجهد بين طرفى هذا الموصل مقداره واحد فولت .

معامل القدرة :

هو جيب تمام زاوية الوجه بين موجة التيار وموجة الضغط فى الدائرة الكهربائية ، أى أن معامل القدرة يتعلق بالفرق الوجهى بين الضغط والشدة وهو يساوى دائما فى قيمته أقل من واحد صحيح ويرمز له (جتا هـ) ويساوى (القدرة الفعلية ÷ القدرة الظاهرية) .

القدرة الفعلية :

هى القدرة المستفاد بها وتقاس بجهاز الواترمتر وهى أقل من القدرة الظاهرية لأن هناك جزء من القدرة الظاهرية يفقد فى التغلب على المقاومة التأثيرية والاستاتيكية وتساوى (ض × ش × جتا هـ) .

القدرة الظاهرية :

وهى أكبر من القدرة الفعلية المستفاد بها وتقاس بالفولت أمبير وتساوى (ض × ش) .

الصدمة الكهربائية وتأثيرها

على الانسان

كثيرا ما يتعرض الانسان لصدمة كهربية نتيجة اتصال أى جزء من جسمه مع موصل تيار كهربى غير معزول الأمر الذى ينتج عنه الآتى :

- ١ - تأثير التيار على القلب .
- ٢ - تأثير التيار على الجهاز العصبى .
- ٣ - تأثير التيار بحدوث حروق نتيجة تواجد قوس كهربى .

التأثير على القلب :

فى حالة تأثير الصدمة الكهربائية على القلب تحدث حالة الوفاة لان مرور التيار بشدة معينة عن طريق القلب يزيد من عمل القلب زيادة كبيرة جدا فيعمل القلب دون انتظام الى درجة الارهاق ثم يتوقف .

وتسمى هذه الحالة بوهج نجوات القلب وهى تؤدى الى الموت فورا ، وبلغ حدة شدة التيار المسموح بها للقلب ما يقرب من ٢٥ مللى أمبير الى ٧٥ مللى أمبير وحسب الظروف التى تحدث فيها الصدمة الكهربائية ولمدة ٣ ثانية .

التأثير على الجهاز العصبى :

كثيرا ما ينتج من الصدمة الكهربائية حسب ظروفها وقيمة تأثيرها على الجهاز العصبى حيث يتأثر السمع أو النطق وفى بعض الحالات يختل التوازن والادراك ويمكن أن نصل لدرجة الشلل .

التأثير بحدوث حروق :

فى بعض الحالات ينتج عند الاصابة بحدوث قوس كهربى نتيجة وصلة تنصر أو أرضى أو بفعل التأثير الحرارى للتيار .

والاصابة بالحروق الناتجة على القوس الكهربى ليست مميتة ولكن ربما ينتج عنها بعض التشوهات الخطيرة وقد يحدث الاحتراق بالتأثير الحرارى للتيار فى حالة الضغط العالى اذ أنه من الممكن فى هذه الحالة مرور تيار كبير جدا خلال الجسم يجعله فى بعض الحالات يصل لدرجة التفحم .

تأثير نوع التيار

نعرف أن التيار الكهربى ينقسم الى نوعين هما :

١ — تيار ثابت القيمة والاتجاه وهو التيار المستمر وهذا التيار لا يتعامل مع طرف الأرض .

٢ — تيار متردد وهو متغير القيمة والاتجاه وهذا التيار يتعامل مع طرف الأرض .

لذا نجد أن التيار المستمر اقل خطرا من التيار المتغير وبالذات فى حالة ما يكون تردد التيار المتغير . ه ذبذبة فى الثانية حيث يحدث فى الانسان تصلب فى العضلات ويجعل المصاب من الصعب عليه التخلص من التيار الكهربى وبذلك يستمر فترة طويلة بدرجة خطيرة .

ولكن كلما ارتفع تردد التيار المتغير تقل خطورته حيث نجد مثلا التردد العالى الموجود فى محطات الارسال للاذاعة غير ضار نتيجة التأثير السطحي ولكن يكمن خطره فقط فى امكانه احداث حروق فى جسم الانسان .

لذا ومن الشرح السابق وجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لوقاية الانسان من خطر الكهرباء باستعمال الوقاية وسلك الأرض .

١ — السجىة فى

٢ — بينيا الحفص

٣ — السجىة فى بينيا قهش

٤ — السجىة فى بينيا قهش

٥ — السجىة فى بينيا قهش

التأثيرات الكهربائية في حياتنا العملية

التأثير الحراري :

في التأثير الحراري تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية بمرور التيار الكهربائي في معدن خاص ذو مقاومة خاصة تتناسب والفرض المطلوب — حيث يمكن القول انه عندما يمر تيار كهربائي في سلك ذو مقاومة تتولد فيه حرارة ظاهرة يمكن إدراكها بالحبس .

وتتوقف عملية السخانات والدفايات وغيرها من أجهزة التسخين على هذه الخاصية مع العلم بأن الحرارة المتولدة في هذه الأجهزة تتناسب مع الآتي :

١ — زمن مرور التيار في جهاز التسخين ويقدر بالثواني .

٢ — مربع شدة التيار في جهاز التسخين .

٣ — مقدار مقاومة السلك المستعمل في عملية التسخين بالجهاز .

٤ — استعمال رقم ثابت مقدار (٠.٢٤) .

من هذه البيانات يمكن استعمال وتكوين قانون تقدير الحرارة المنبعثة من أي جهاز تسخين يراد الاستفادة منه .

القانون :

قيمة درجة الحرارة = $0.24 \times \text{الزمن} \times \text{مربع شدة التيار} \times \text{مقاومة الملف}$ سعرا كما يمكن تحديد مواصفات السلك المستعمل في جهاز التسخين من حيث طوله ومساحة مقطعه من المواصفات الآتية :

١ — قدرة الجهاز .

٢ — ضغط الينبوع .

٣ — شدة التيار في الجهاز .

٤ — مقاومة المتى الطولى من السلك المستعمل .

٥ — المقاومة الكلية للملف الجهاز .

من البيانات السابقة وعن طريق قانون القدرة يمكن الحصول على شدة تيار الجهاز ثم عن طريق قانون أوم يمكن معرفة مقدار المقاومة الكلية للجهاز وباستخدام جدول أسلاك النيكل كروم يمكن التوصل الى كل من طول السلك بعد معرفة مقاومة المتر الطولى منه وكذا مساحة مقطعه وفقا لشدة التيار .

التأثير المغناطيسى

في التأثير المغناطيسى حيث يمكن بواسطة التيار الكهربى الحصول على مجال مغناطيسى ويتم هذا بمرور تيار كهربى فى ملف من سلك معزول يتناسب من حيث مقاومته وقيمة التيار المار به — ويكون قلب هذا الملف قضيب أو رقائق من الصلب أو الحديد .

فعند مرور التيار الكهربى فى الملف تتولد المجالات المغناطيسية فى القلب الحديدى مع ملاحظة أن قيمة واتجاه هذه المجالات تتناسب مع قيمة واتجاه التيار المار فى الملف — والعكس فانه يمكن الحصول من المجال المغناطيسى على تيار كهربى حيث تقول النظرية (اذا قطع موصل ساحة مغناطيسية بالتعامد عليها تولدت فى هذا الموصل قوة دافعة كهربائية) .

ويستعمل التأثير المغناطيسى فى حالات كثيرة فى حياتنا الصناعية والمدنية منها المولدات والمحركات والمحولات وكذا الأجراس وبعض أنواع المفاتيح الأوتوماتيكية والأوناش الكهربائية وغيرها .

التأثير الكيمائى

فى التأثير الكيمائى يستعمل التيار الكهربى فى عمليات التحليل والنكششة وعمليات شحن البطاريات السائلة على أن يكون التار المستعمل فى هذه العمليات تيارا ثابتا أى مستمر أو ينبوع بتيار متغير ثم يوحد عن طريق أجهزة توحيد التيار — والعكس فانه مكن الاستفادة من التفاعل الكيمائى للحصول على تيار كهربى مثل ما يحدث فى اعمدة الثانوية .

مولدات ومحركات التيار المستمر

تعتبر مولدات التيار المستمر احدى مصادر هذا التيار حيث يوجد مصادر اخرى مثل الأعمدة الجافة والبطاريات الثانوية وعمليات توحيد التيار المتغير .

ويعتبر مولد التيار المستمر في حد ذاته آلة تحول الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربية ، فعندما يراد الحصول على تيار مستمر لابد من أن تتوافر الأسباب الآتية :

- ١ — تواجد الموصل وهو عبارة عن ملف من سلك نحاس معزول .
- ٢ — تواجد مجال مغناطيسى دائم .
- ٣ — تواجد وسيلة ميكانيكية اما لتحريك الموصل أو تحريك المجال المغناطيسى .

وعلى هذا يكون الحصول على تيار من مولد التيار المستمر قد بنى على النظرية التى تقول اذا قطع موصل مجال مغناطيسى أو اذا قطع مجال مغناطيسى موصل تتولد في هذا الموصل قوة دافعة كهربية لأن هذا المجال عند قطعه للموصل يؤثر على الالكترونات الحرة لذرات معدن هذا الموصل فتندفع في اتجاه واحد من أحد طرفى الموصل الى الطرف الآخر وبذلك يصبح الطرف الذى تتجه اليه الالكترونات موجب التكهرب والطرف الذى تتجه منه الالكترونات سالب التكهرب وينشأ بين الطرفين قوة دافعة كهربية تعمل على امرار تيار في الموصل في اتجاه عكس لاتجاه الالكترونات هذا اذا كانت الدائرة متفلة .

بعد هذا يجب أن نعرف أنه لابد من تواجد مغناطيسية ثابتة في حديد أقطاب المولد كي يبدأ عن طريقها استنتاج القوة الدافعة الكهربائية عند ادارة عضو الاستنتاج ثم تغذى ملفات الأقطاب من هذا التيار المستنتج عن طريق منظم فولت يتحكم في قيمة الفولت المغذى للمفات الأقطاب فنتحكم في قيمة المجال وبالتالي نتحكم في قيمة الاستنتاج مع ملاحظة أن التيار المستنتج في مولد التيار المستمر هو تيار متغير والسبب هو دخول ملفات عضو الاستنتاج تدريجيا في مجال الأقطاب ثم تبدأ الخروج منها وتكرر هذه العملية تحت كل من القطب الشمالى والقطب الجنوبى ولكن عن طريق كل من الفرش وعضو التوحيد يمكن تثبيت قيمة واتجاه هذا التيار وبذلك نحصل على تيار مستمر .

هذا وتعتبر الأجزاء الأساسية التى يتكون منها كل من المولد والمحرك واحدة ولكن تسمى مجموعة القطاعات النحاسية فى المولد بعضو التوحيد لأنها مع الفرش توحد التيار وتسمى فى المحرك بعضو التوزيع لأنها توزع التيار على ملفات عضو الاستنتاج .

أهم الأجزاء التى يتكون منها محرك التيار المستمر هى :

١ — دائرة التنبيه . ٢ — دائرة الاستنتاج .

٣ — عضو التوزيع . ٤ — فرشاة التغذية .

دائرة التنبيه :

تتكون دائرة التنبيه من جزئين هما حديد الأقطاب وملفات الأقطاب أما حديد الأقطاب فهو عبارة عن عدد زوجى من القلوب الحديدية مثبتة بالسطح الداخلى لهيكل المحرك أو جسم المحرك المصنوع من الحديد أو الزهر المسبوك ويسمى بحامل الأقطاب وهو يعتبر جزء من الدائرة المغناطيسية للمحرك لأنه يتم دائرة الأقطاب وتختلف طريقة تثبيت الأقطاب الحديدية مع حامل الأقطاب فهى تتم إما بطريقة مسامير قلاووظ أو بواسطة التثبيت الغنفرارى أو بالطريقتين معا . أما ملفات الأقطاب فهى تتكون من سلك نحاس معزول له مساحة مقطع معينة وعدد لفات معينة حسب حسابات المحرك من حيث الضغط الذى يعمل عليه المحرك وقدرته وتوصيل ملفات الأقطاب يكون بالتوالى مع مراعات مرور التيار فى كل ملف لتكون القطبية (شمالي — جنوبى) فىكون مرور التيار فى الملف الشمالى عكس مروره فى الملف الجنوبى يراعى فى المولدات أن القلب الحديدى للقطب يكون عبارة عن كتلة من الحديد حتى يمكن الاحتفاظ بجزء من المجال بها .

عضو الاستنتاج :

يتكون عضو الاستنتاج من مجموعة رقائق من الصاج مجمعة مع بعضها على محور المحرك وهو عمود من الصلب ويوجد بهذه الرقائق مجارى طولية بسطحها الخارجى أما أن تكون مفتوحة أو نصف مقفلة وفائدة هذه المجارى هى وضع ملفات عضو الاستنتاج بها وهى عبارة عن عدد من الملفات من سلك النحاس معزول لها أيضا مساحة مقطع معينة وعدد لفات معينة حسب حالة المحرك — كما يوجد على محور المحرك مجموعة من القطاعات النحاسية مجمعة مع بعضها ومعزولة كل قطعة عن الأخرى وعن المحور تسمى هذه

القطاعات (عضو التوزيع) أما نوع العزل الموجود بين كل قطعة وأخرى هو رقائق الميكا الصلبة لتحمل عملية الاحتكاك أما نوع العزل الموجود بين مجموعة القطاعات وجلبة التجميع فهي الميكانيك المرنة لسهولة تشكيلها في العزل الداخلى هذا وتلحم أطراف ملفات عضو الاستنتاج البدايات والنهايات في قطاعات عضو التوزيع بطريقة معينة حسب المبين بعد .

الفرش :

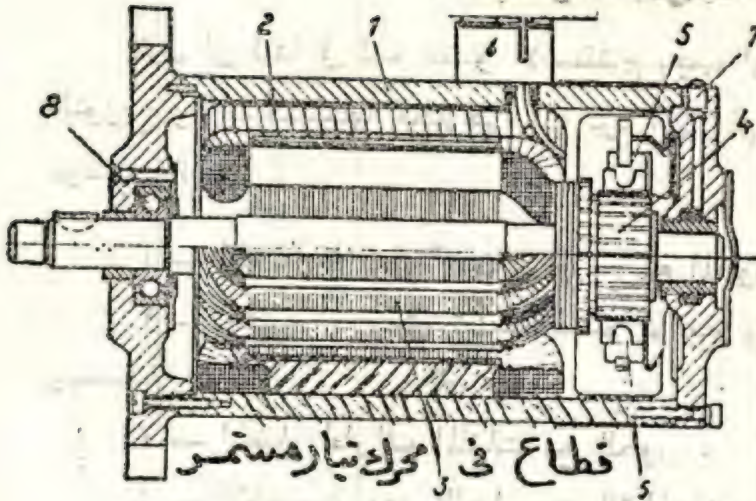
يختلف تكوين الفرشة من حيث المادة والحجم حسب قدرة المحرك أو المولد فنجدها في المحركات الصغيرة والمتوسطة عبارة عن قطعة من الكربون الجيد التوصيل للكهرباء توضع في مكان يسمى (بيت الفرشة) وهو مثبت في حامل موجود في أحد غطائى المحرك وفائدة الفرش في المحركات هي نقل التيار الى قطاعات عضو التوزيع لتغذية ملفات عضو الاستنتاج أما في المولدات فهي تجميع التيار المستنتج في ملفات عضو الاستنتاج عن طريق قطاعات عضو التوحيد لتغذية الدائرة الخارجية (الحمل) بالتيار لذا نجد أن فائدة الفرش في المحرك عكس فائدتها في المولد كما انه يتوقف عدد الفرشات في المحرك على عدد الأقطاب فإذا كان المحرك ذو قطبين (جنوبى — شمالى) كان عدد الفرشات اثنين واحدة جنوبية والأخرى شمالية أما إذا كان المحرك ذو أربعة أقطاب أى قطبين جنوبى وقطبين شمالى كان عدد الفرشات أربعة بحيث توصل الفرشة الأولى مع الثالثة (جنوبى) والفرشة الثانية مع الرابعة (شمالى) هذا ولوضع الفرش وضع خاص يقارن بالنسبة لمحور الأقطاب ويتوقف على هذا الوضع نوعية لحام أطراف ملفات عضو الاستنتاج مع قطاعات عضو التوزيع — أما المحركات والمولدات الكبيرة يكون تكوين الفرش من الكربون والنحاس معا .

لف عضو الاستنتاج

قبل أن تبدأ في عمليات لف عضو الاستنتاج سواء عن طريق ملفات ثم تجهيزها على الفورمة الخشبية أو عن طريق اللف اليدوى يجب تنفيذ الآتى :

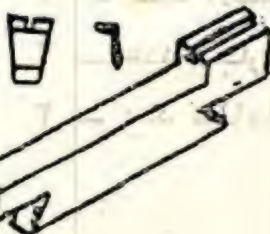
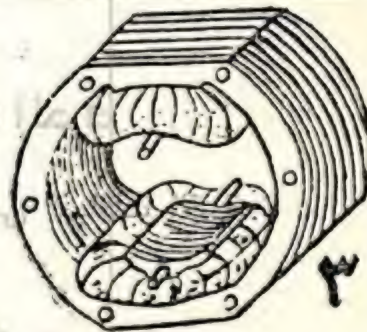
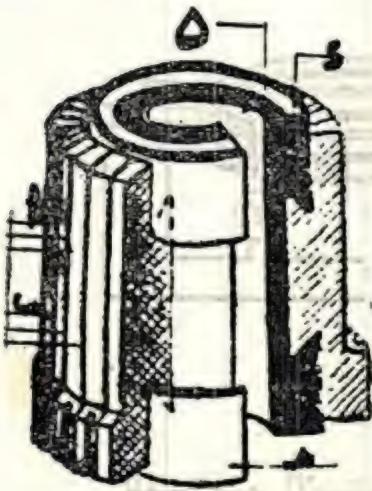
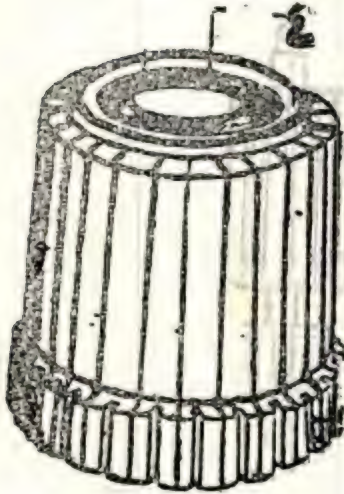
- ١ — تنظيف مجارى عضو الاستنتاج من بقايا اللف السابق .
- ٢ — تنظيف مجارى اللحام واللى يوضع بها أطراف ملفات عضو الاستنتاج وهي موجودة في قطاعات عضو التوزيع وذلك من بقايا اللحام السابق ثم خراط عضو التوزيع خراطاً ناعماً لتسوية سطحه ثم إعادة عزل المجارى وتقليم قطاعات عضو التوزيع .

الأجزاء الهامة



- ١ — ملف القطب قبل التخميد .
- ٢ — ملف القطب بعد التخميد .
- ٣ — وضع الملف مع القطب .
- ٤ — عضو توزيع كامل .
- ٥ — قطاع في عضو توزيع .
- ٦ — قطعة من قطاعات عضو التوزيع .

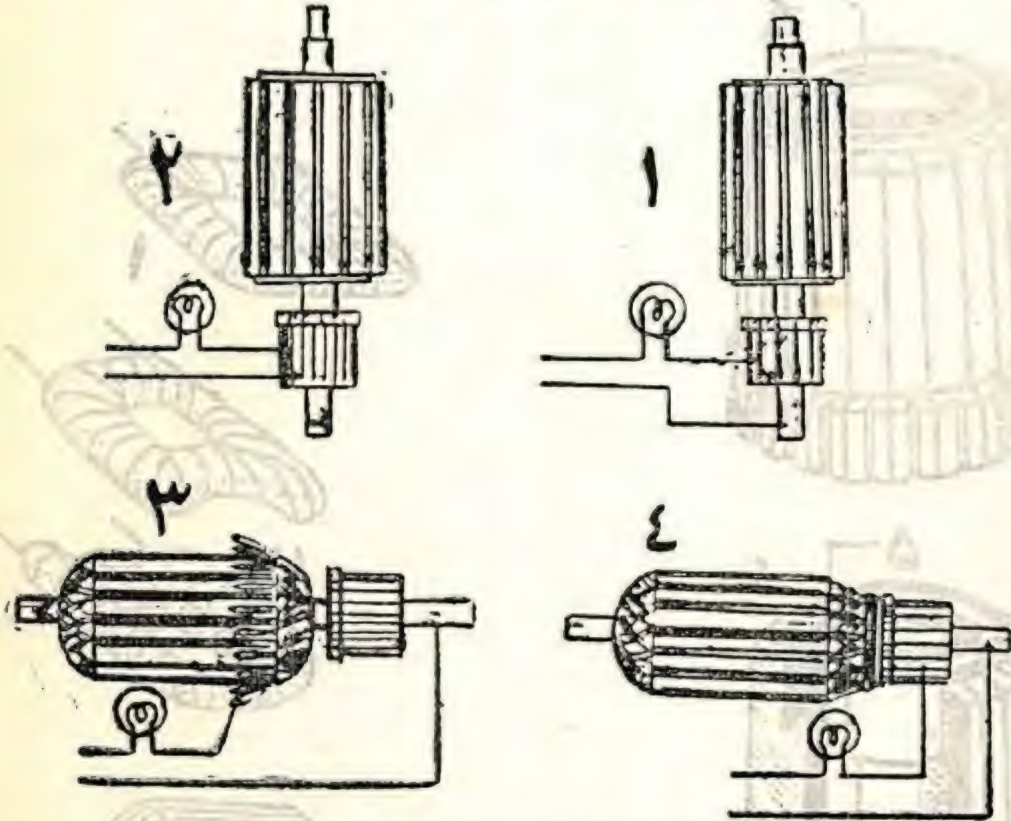
قطاع في محرك تيار مستمر



الاختبارات اللازمة

قبل أن نبدأ في لف عضو الاستنتاج يجب أولاً تفليح قطاعات عضو التوزيع وخرط سطحها الخارجى إذا لزم الأمر ثم الاختبارات الآتية كما هو موضح بالرسم :

- ١ - اختبار كل قطعة عضو توزيع مع المحور .
- ٢ - اختبار بين كل قطعة عضو توزيع والقطعة المجاورة لها يمين ويسار .
- ٣ - اختبار أطراف الملفات مع المحور .
- ٤ - الاختبار بعد اللحام بين القطاعات والمحور .



الارتباط بين أجزاء المحرك

لف عضو الاستنتاج يجب التعرف على البيانات الآتية :

- ١ - عدد الأقطاب .
- ٢ - عدد مجارى عضو الاستنتاج .
- ٣ - عدد قطاعات عضو التوزيع .

٤ — عدد الفرش .

٥ — موضع الفرش بالنسبة للأقطاب .

الارتباطات

أولا : هناك ارتباط بين الأقطاب والفرش وهو نوعين :

(أ) ارتباط عددي فإذا كان المحرك ذو قطبين شمالي وجنوبي كان له فرشتين واحدة شمالي والأخرى جنوبي وإذا كان له أربعة أقطاب يكون عدد الفرش أربعة وهكذا .

(ب) ارتباط موضعي بالنسبة لمحور كل من الأقطاب والفرش لتحديد لحام أطراف ملفات عضو الاستنتاج في قطع عضو التوزيع وهو إما أن يكون المحورين متوازيين أى وضع الفرش أمام منتصف القطب ويكون لحام الأطراف في منتصف خطوة الملف وإما أن يكون المحورين متعامدين فيكون اللحام أمام مجرى البداية .

ثانيا : هناك ارتباط بين كل من عدد قطاعات عضو التوزيع وعدد مجارى عضو الاستنتاج لتحديد عدد الموصلات التى يلف بها كل ملف وذلك عن طريق قسمة عدد القطاعات على عدد المجارى فإذا كان عدد القطاعات يساوى عدد المجارى كان الناتج موصل واحد للف الملف وإذا كان عدد القطاعات ضعف عدد المجارى كان الناتج موصلين للف الملف .

ثالثا : الارتباط بين كل من الخطوة القطبية والخطوة الخلفية وسنبين هذا فى طرق اللف .
الحصول على الخطوة القطبية من قسمة عدد مجارى عضو الاستنتاج على عدد الأقطاب .

الحصول على الخطوة الخلفية من قسمة عدد الموصلات الكلية ÷ عدد الأقطاب ويجب أن يكون الناتج فردى العدد .

كما يمكن الحصول على الخطوة الخلفية من (الخطوة القطبية × عدد موصلات المجرى) ÷ ١ هذا ولكل من الطريقتين السابقتين للخطوة الخلفية استعمال خاص سنبينه فى طرق اللف .

التحضير لعملية اللف

بعد تنظيف عضو الاستنتاج من بقايا اللف القديم واختبار عضو التوزيع للتأكد من سلامته نبدأ فى تجهيز الآتى :

- ١ — السلك اللازم لللف الملفات . ٢ — حامل لبكرة السلك .
- ٣ — الفورمة اللازمة . ٤ — حامل الفورمة .
- ٥ — جهاز آفو أو مصباح اختبار . ٦ — كاوية لحام مناسبة .
- ٧ — مدبر لحام والقصدير . ٨ — مطواه مناسبة .
- ٩ — قطعة شريط قطن . ١٠ — قطعة دوياره مناسبة .

لف الملفات له طريقتين اما لف يدوى واما باستعمال الفورمة :

طرق لف الملفات

أولا : اذا كان اللف يدوى نتبع الآتى :

١ — نبدأ بوضع طرف بداية الموصل أو الموصلين حسب ما يحتويه الملف من الموصلات فى أى مجرى من مجارى عضو الاستنتاج ثم نتجه بالسلك الى اليمين بمقدار خطوة الملف العملية ندخل بالموصل فى المجرى ونكمل عدد لفات الملف .

٢ — بعد الانتهاء من لف الملف الأول نبدأ ببداية الملف الثانى من مجرى نهاية الملف الأول وحسب خطوة اللف نكمل عدد لفات الملف الثانى .

٣ — بعد الانتهاء من لف الملف الثانى نبدأ ببداية الملف الثالث من مجرى نهاية الملف الثانى وحسب الخطوة نكمل عدد لفات الملف وهكذا حتى نكمل اللف .

ثانيا اذا كان اللف باستعمال الفورمة نتبع الآتى :

اسقط جانب البداية للملف الأول ولا تسقط النهاية ثم بداية الثانى والثالث والرابع حتى تصل الى المجرى المفروض اسقاط فيها نهاية الأول واسقط بداية ملف وفوقه نهاية الأول ثم اسقط بداية ملف وفوقه نهاية الثانى وهكذا حتى يكتمل لف عضو الاستنتاج .

نموذج لعملية الملف اليدوى

عضو استنتاج يحتوى على ١٢ مجرى وعدد اللامات ١٢ وعدد الأقطاب ٢ قطب .

بيانات الملف

سوف نشرح خطوات تقسيم عضو الاستنتاج لاعادة لفه وفي هذا المثال يمكن أن نقول أن الملف سيلف بسلك واحد وعدد لفات معينة .

أما خطوة الملف العملية فهي :
= عدد مجرى عضو الاستنتاج ÷ الأقطاب

$$= 12 \div 2 = 6 \text{ مجرى}$$

وعلى هذا يكون اسقاط الملفات بالطريقة الآتية :

مجرى بداية الملف مجرى نهاية الملف



- | | | | |
|--------------|----|-------|----|
| الأول : | ١ | _____ | ٦ |
| الثاني : | ٦ | _____ | ١١ |
| الثالث : | ١١ | _____ | ٤ |
| الرابع : | ٤ | _____ | ٩ |
| الخامس : | ٩ | _____ | ٢ |
| السادس : | ٢ | _____ | ٧ |
| السابع : | ٧ | _____ | ١٢ |
| الثامن : | ١٢ | _____ | ٥ |
| التاسع : | ٥ | _____ | ١٠ |
| العاشر : | ١٠ | _____ | ٣ |
| الحادى عشر : | ٣ | _____ | ٨ |
| الثانى عشر : | ٨ | _____ | ١ |

بعد أن تعرفنا على طرق إسقاط الملفات يجب أن نعرف بأن الأنوال المستقيمة من الموصل والموجودة داخل المجرى تعتبر هى الجزء النعال أما الأجزاء خارج المجرى ما هى الا مكملة للدائرة الكهربائية بين موصلين أحدهما فى مجرى والآخر فى مجرى ثانية والمسافة الموجودة بين الموصلين تسمى بخطوة الموصل وهى غير خطوة الملف — فإذا كان عدد مجارى عضو الاستنتاج يساوى عدد قطاعات عضو التوزيع يكون فى كل مجرى موصلين أحدهما بداية ملف والثانى نهاية أما اذا كان عدد قطاعات عضو التوزيع ضعف عدد المجارى يكون فى كل مجرى أربعة موصلات اثنين بدايات واثنين نهايات ويتصل كل منها مع موصل آخر فى مجرى أخرى ولكى نتعرف على كيفية توصيل كل موصلين مع بعضهما نتبع الآتى :

أولاً : (١) اذا كان عدد القطاعات النحاسية يساوى عدد المجارى يكون كما شرحنا سابقا عدد الموصلات فى المجرى بداية ونهاية وتأخذ البداية رقم فردى والنهاية رقم زوجى وعلى هذا تكون المجرى الأولى البداية رقم (١) والنهاية رقم (٢) والمجرى الثانية التى تلى الأولى فى اتجاه عقرب الساعة البداية رقم (٣) والنهاية رقم (٤) وهكذا فى باقى المجارى .

(ب) اذا كانت عدد القطاعات النحاسية ضعف عدد المجارى يكون عدد الموصلات فى المجرى أربعة على هذا الترتيب بداية رقم (١) ونهاية رقم (٢) وبداية رقم (٣) ونهاية رقم (٤) والمجرى التى تليها بداية رقم (٥) ونهاية رقم (٦) وبداية رقم (٧) ونهاية رقم (٨) وهكذا .

ثانياً : احسب خطوة الموصل الخلفية على أساس ضرب عدد الموصلات الموجودة فى المجرى الواحدة فى عدد مجارى عضو الاستنتاج ثم اقسّم الناتج على عدد الأقطاب مع مراعاة أن يكون الناتج فردى العدد فإذا كان ناتج القسمة رقم زوجى عليك أما اضافة واحد أو طرح واحد من الرقم الزوجى ليصبح فردى واختيار الاضافة أو الطرح يكون على أساس الأصلح فيهما بالنسبة لوضع كل موصل تحت القطب أى يكون وضع الموصل البداية بالنسبة للقطب الشمالى متماثلاً مع الموصل النهاية بالنسبة لوضعه تحت القطب الجنوبى .

ثالثاً : لكل عضو استنتاج بالنسبة لعدد موصلاته الكلية وعدد أقطابه وإذا كان انطباقى أو تموجى نجد له جدول خاص لموصلاته بين الخطوة الأمامية والخطوة الخلفية .

بيان الخطوة القطبية والخلفية والأمامية

١ - الخطوة القطبية هي الخطوة العملية وتحدد خطوة الملف من حيث رقم مجرى البداية ومجرى النهاية .

٢ - الخطوة الخلفية هي الخطوة النظرية التي تساعد على رسم انفراد لف عضو الاستنتاج باعتبار الملف لفه واحده وعن طريقها يحدد رقم نهاية كل بداية .

٣ - الخطوة الأمامية هي التي تحدد لحام أطراف النهايات مع البدايات في قطاعات عضو التوزيع .

هنا يمكن القول أنه لا غنى في الناحية العملية والنظرية عن كل من الخطوة القطبية والخلفية لارتباط الاثنين من حيث القيمة كما كل منهما تعدل الأخرى في الحالات الآتية :

هناك حالات تكون فيها الخطوة القطبية بها كسر مثل اذا كان عدد المجارى ١٤ مجرى والأقطاب ٤ قطبتكون الخطوة القطبية في هذه الحالة $14 \div 4 = 3\frac{1}{2}$ وهذا الناتج يجب تعديله الى رقم صحيح فنجد الذى يعدله الى ٣ او ٤ هو الخطوة الخلفية بالقانون الآتى :

الخطوة الخلفية = (الرقم الصحيح للقطبية \times عدد موصلات المجرى) + ١ وهناك حالات تكون فيها الخطوة الخلفية زوجية العدد مثل ١٠ او ١٢ او ١٤ فهذا الناتج الزوجى يجب تعديله الى رقم فردى بزائد واحد أو ناقص فمتى يكون الزائد ومتى يكون الناقص .

(١) اذا كان الملف ملفوف من سلك واحد تحسب الخطوة الخلفية على أساس : عدد الموصلات الكلية \div عدد الأقطاب فاذا كان الناتج زوجى تحسب بناقص واحد .

(ب) اذا كان الملف ملفوف بأكثر من سلك تحسب الخطوة الخلفية على أساس : عدد الموصلات الكلية \div عدد الأقطاب فاذا كان الناتج زوجى تحسب بزائد واحد أو عن طريق (الخطوة القطبية الصحيحة \times عدد موصلات المجرى) + ١ .

كما أن هناك حالات التي تحسب فيها الخطوة الخلفية على أساس + ١ تعدل معها الخطوة القطبية بزائد واحد أيضا والسبب في تعديل الخطوة

القطبية رغم أنها سليمة هو ضبط وضع جانبي الملف تحت كل من القطب الجنوبي والقطب الشمالي وسنبين هذه الأوضاع في الأمثلة الآتية :

مثال ١

عضو الاستنتاج يحتوي على ٨ مجرى ، ٨ قطعة عضو توزيع ، ٢ قطب وضع الفرش موازى لمحور الأقطاب .

| الجدول | | التقسيم | |
|----------|----|---------|----|
| ٥ - | | ٧ + | |
| الأمامية | | الخلفية | |
| ٣ | ٨ | ٨ | ١ |
| ٥ | ١٠ | ١٠ | ٣ |
| ٧ | ١٢ | ١٢ | ٥ |
| ٩ | ١٤ | ١٤ | ٧ |
| ١١ | ١٦ | ١٦ | ٩ |
| ١٣ | ٢ | ٢ | ١١ |
| ١٥ | ٤ | ٤ | ١٣ |
| ١ | ٦ | ٦ | ١٥ |

١ - عدد موصلات لف الملف

$$= \text{عدد القطاعات} \div \text{عدد المجارى}$$

$$= ٨ \div ٨ = ١ \text{ موصل}$$

٢ - عدد الموصلات في المجرى

$$= \text{عدد موصلات الملف} \times \text{جانبيين}$$

$$= ١ \times ٢ = ٢ \text{ موصل}$$

٣ - عدد الموصلات في جميع المجارى

$$= \text{عدد موصلات المجرى} \times \text{عدد المجارى}$$

$$= ٢ \times ٨ = ١٦ \text{ موصل}$$

٤ - الخطوة القطبية أو العملية

$$= \text{عدد المجارى} \div \text{عدد الأقطاب}$$

$$= ٨ \div ٢ = ٤$$

٥ - الخطوة الخلفية

$$= \text{عدد الموصلات الكلية} \div \text{عدد الأقطاب}$$

$$= ١٦ \div ٢ = ٨ \text{ تحول الى فردية ٧ أو ٩}$$

لو أعطينا البداية رقم فردى والنهاية رقم زوجى ٢ - ٤ - ٦ - ٨

وحيث أن الخطوة القطبية ٤ تكون النهاية الموجودة بها رقم ٨ هي

الخاصة بالبداية رقم ١ وعلى هذا تعدل الخلفية الى ٧

٦ - الخطوة الأمامية

$$= \text{الخطوة الخلفية} - ٢ \text{ والنتاج بالناقص}$$

$$= ٧ - ٢ = ٥$$

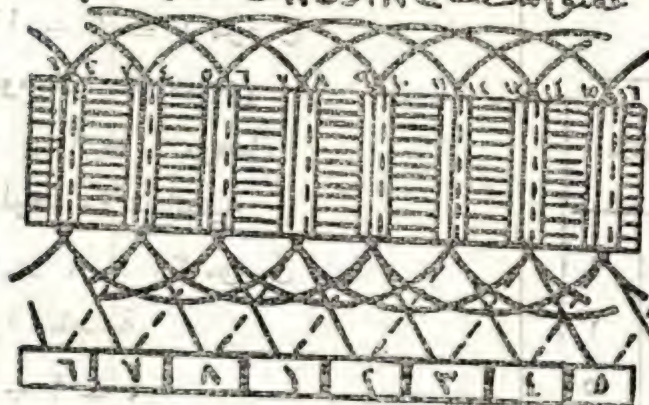
وعلى هذا يعمل الجدول على أساس الخلفية + ٧ وأمامية - ٥

واللحام انطباقى منتصف الخطوة .

محرك عضو استنقاجه ٨ مجرى وعضو التوزيع ٨ قطعة

قطب ٢

عضو استنقاج ٨ مجرى ٨ الخامسة قطب

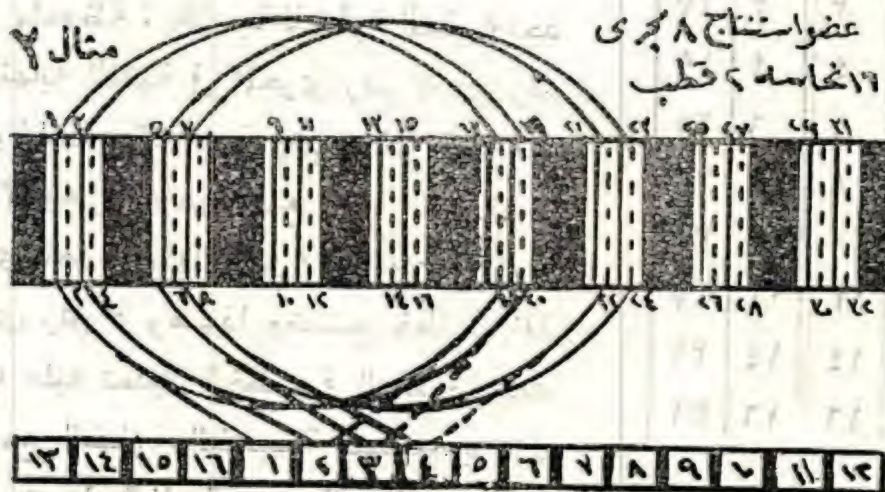


محرك عضو استنقاجه ٨ مجرى وعضو التوزيع ١٦ قطعة

قطب ٢

عضو استنقاج ٨ مجرى

١٦ الخامسة قطب



مثال ٢

عضو استنتاج يحتوى على ٨ مجرى ، ١٦ قطعة عضو توزيع ،
٢ قطب ومحاور الفرش والأقطاب موازية .
التقسيم

١ — عدد موصلات لف الملف

$$= 16 \div 8 = 2 \text{ موصل}$$

٢ — عدد موصلات كل مجرى

$$= 2 \times 2 = 4 \text{ موصل}$$

٣ — عدد الموصلات الكلية

$$= 4 \times 8 = 32 \text{ موصل}$$

٤ — الخطوة القطبية

$$= 8 \div 2 = 4$$

٥ — الخطوة الخلفية

$$= 32 \div 2 = 16 \text{ تعدل الى نردى}$$

١٥ ، ١٧ — الخطوة الخلفية

$$= (\text{الخطوة القطبية} \times \text{موصلات المجرى}) + 1$$

$$17 = 1 + (4 \times 4)$$

ملحوظة : بالنسبة للخطوة القطبية نجد

أن النهاية الثانية فى المجرى رقم ٤ هى رقم

١٦ وخاصة بالبداية رقم ١ اما البداية

رقم ٣ وهى الموجودة مع رقم ١ فى نفس

المجرى نجد نهايتها رقم ١٨ وموجودة فى

المجرى رقم ٥ وهذا وضع خطأ لا ينفذ

ويجب عليه تعديل الخطوة القطبية بحيث

تتفق مع الخطوة الخلفية فتصبح ٥ بدلا

من ٤ وتعديل الخلفية ١٦ بزائد واحد فتصبح

١٧ وهنا يكون القانون الثانى للخلفية هو

الأصح .

٦ — الخطوة امامية

$$= \text{الخلفية} - 2 = 17 - 2 = 15$$

وعلى هذا يكون الجدول الخلفية + ١٧ والامامية — ١٥

| الامامية | | الخلفية | |
|----------|----|---------|----|
| ٣ | ١٨ | ١٨ | ١ |
| ٥ | ٢٠ | ٢٠ | ٣ |
| ٧ | ٢٢ | ٢٢ | ٥ |
| ٩ | ٢٤ | ٢٤ | ٧ |
| ١١ | ٢٦ | ٢٦ | ٩ |
| ١٣ | ٢٨ | ٢٨ | ١١ |
| ١٥ | ٣٠ | ٣٠ | ١٣ |
| ١٧ | ٣٢ | ٣٢ | ١٥ |
| ١٩ | ٢ | ٢ | ١٧ |
| ٢١ | ٤ | ٤ | ١٩ |
| ٢٣ | ٦ | ٦ | ٢١ |
| ٢٥ | ٨ | ٨ | ٢٣ |
| ٢٧ | ١٠ | ١٠ | ٢٥ |
| ٢٩ | ١٢ | ١٢ | ٢٧ |
| ٣١ | ١٤ | ١٤ | ٢٩ |
| ١ | ١٦ | ١٦ | ٣١ |

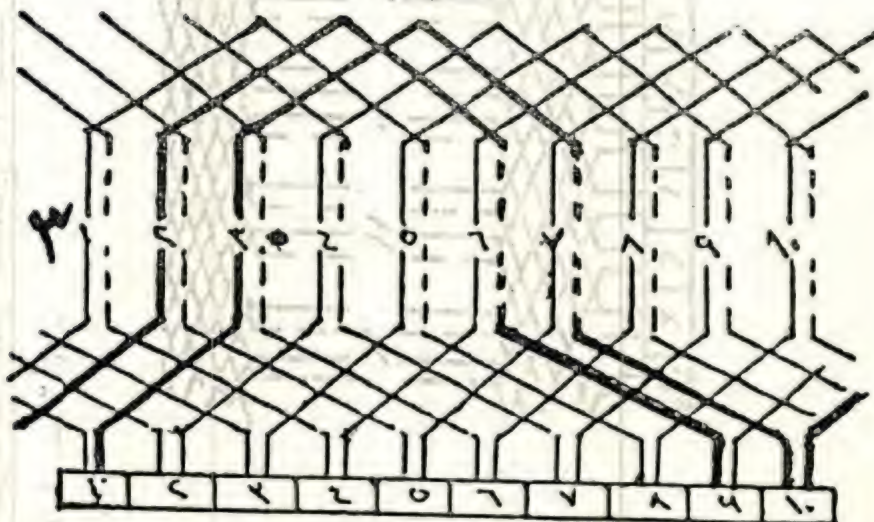
مثال ٣

محرك تيار مستمر لمحرك ميلينكس فرنسي عدد المجارى ١٠ مجرى
وعدد اللامات ١٠ لآمه لعضو التوزيع وعدد لفات كل ملف ١٦٧ لفة من
مسلك قطر ٠.١٥ مم خطوة الملف ١ — ٥ .

التقسيم

- ١ — عدد موصلات لف الملف $= ١٠ \div ١٠ = ١$ موصل
- ٢ — عدد الموصلات في المجرى $= ٢ \times ١ = ٢$ موصل
- ٣ — عدد الموصلات لكل المجارى $= ١٠ \times ٢ = ٢٠$ موصل .
- ٤ — الخطوة القطبية $= ١٠ \div ٢ = ٥$
- ٥ — الخطوة الخلفية $= ٢٠ \div ٢ = ١٠$ تعدل الى ٩ حيث أن المجرى
رقم ٥ حسب الخطوة القطبية بها النهاية رقم ١٠ وهى الخاصة
بالبداية رقم ١

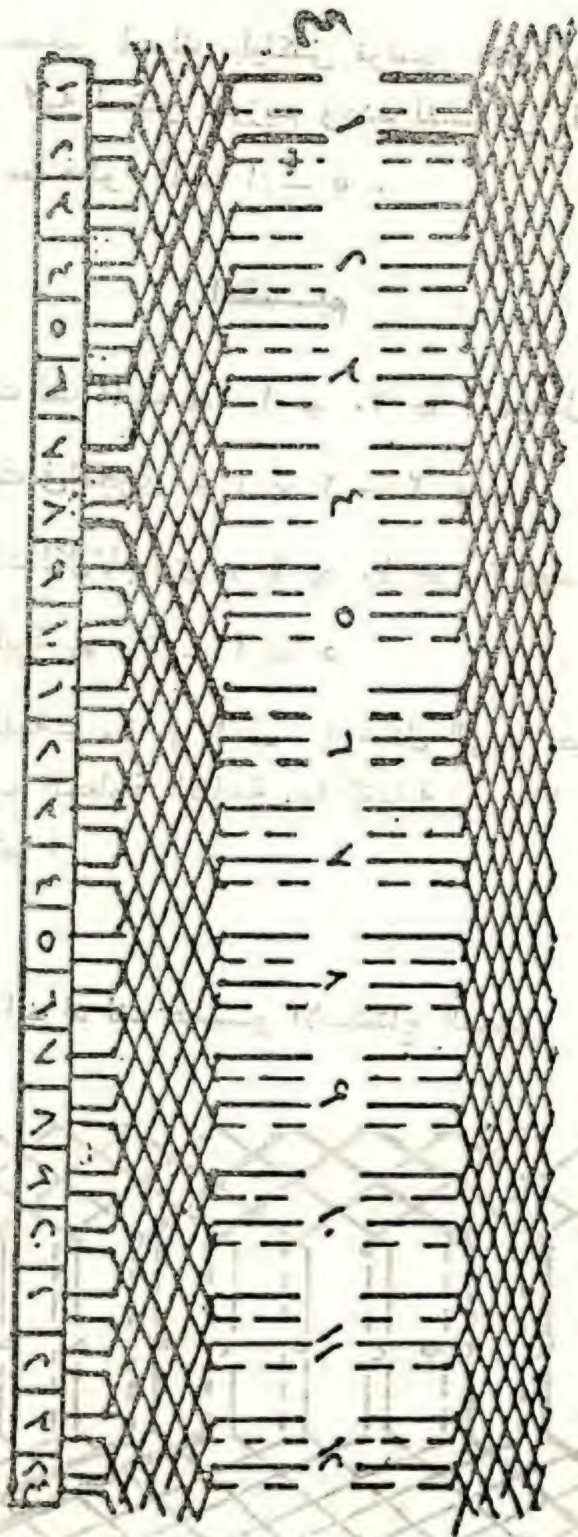
انفراد لف عضو الاستنتاج السابق



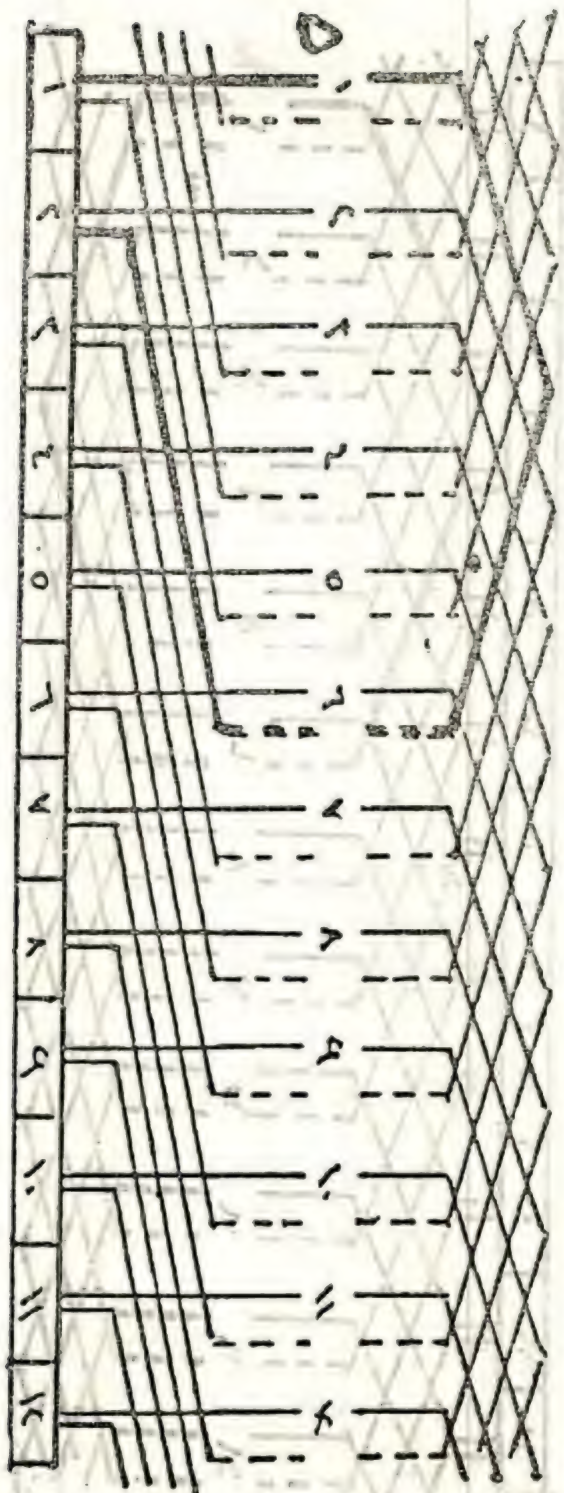
لحام منتصف الخطوة مرحل الى الخلف شمال

انفرادات لك بعض اعضاء الاستنتاج
 انفرادات عضو استنتاج ١٢ مجرى ٢٤ لامه ٢ قلبه جسام انبساطي مفتصف الخلوة المله ٢ سلك بخسرة

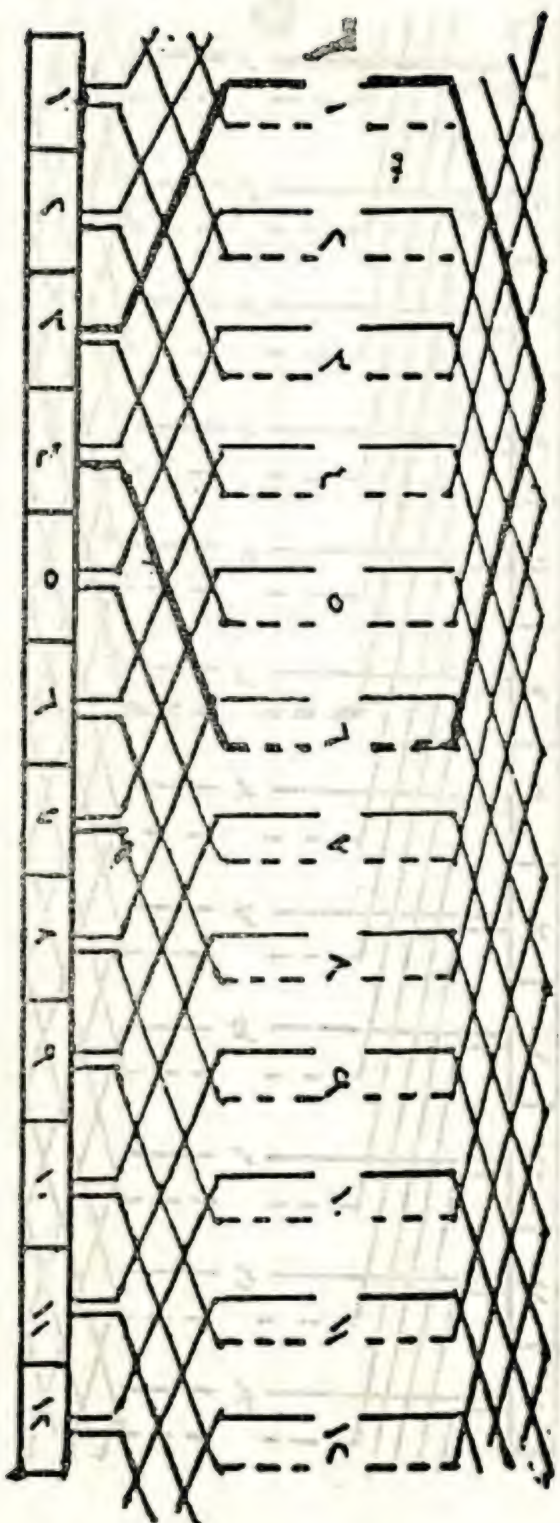
(١-٦-٠)



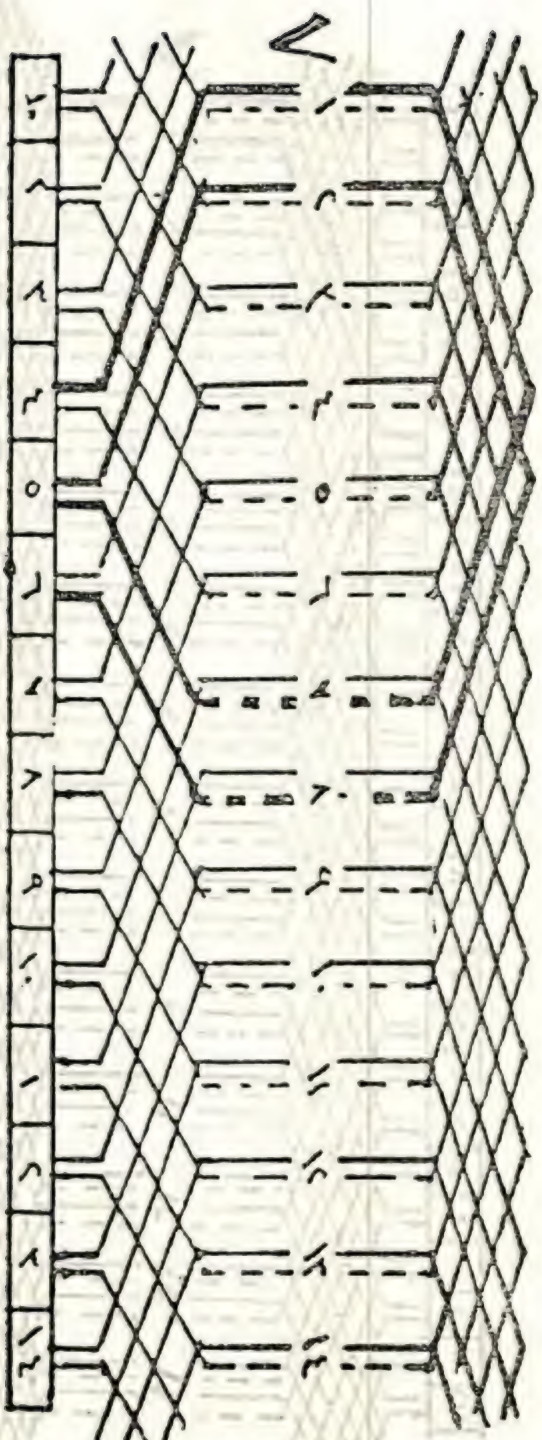
عضو استنتاج ١٢ مجرى ١٢ لايه ٢ قطب لحام انطباقية
 امام المجرى الف سلك واحد بخطوة (١ - ٦)



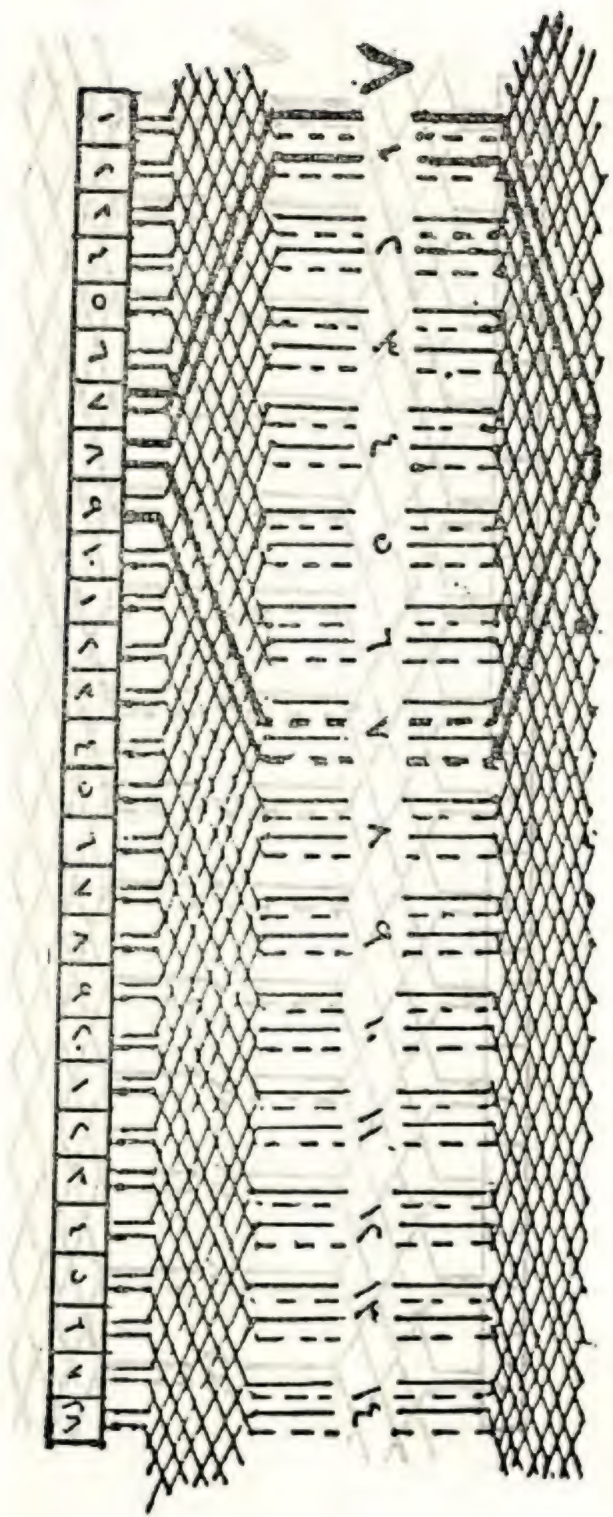
انفراد لف عضو استنتاج ١٢ مجرى ١٢ لاه ٢ قطب لحام انطباقى
 فى منتصف الخطوة خطوة اللف ١ — ٦ اللف سلك واحد



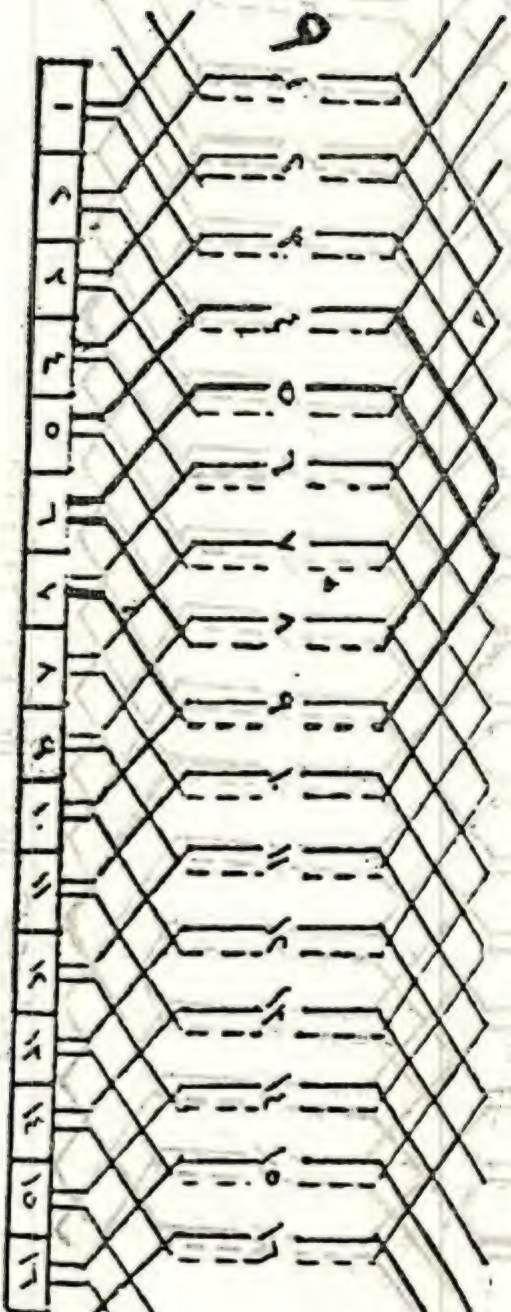
انفراد لف عضو استنتاج ١٤ مجرى ١٤ لامة ٢ قطب لحام انطباقى
 منتصف الخطوة الفف سلك واحد بخطوة (١ - ٧)



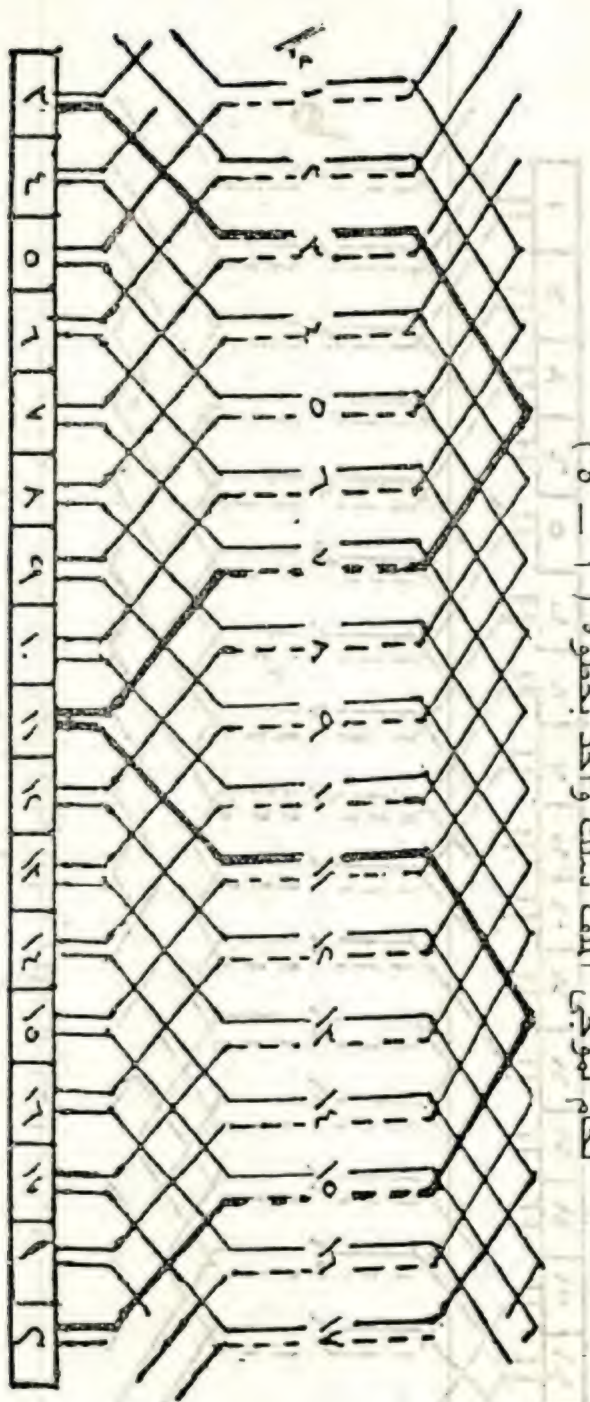
انفراد لف عضو استنتاج ١٤ مجرى ٢٨ لامه لحسام انطباقي
 منتصف الخلقة الف ٢ سلك بخطوة (١ - ٧)



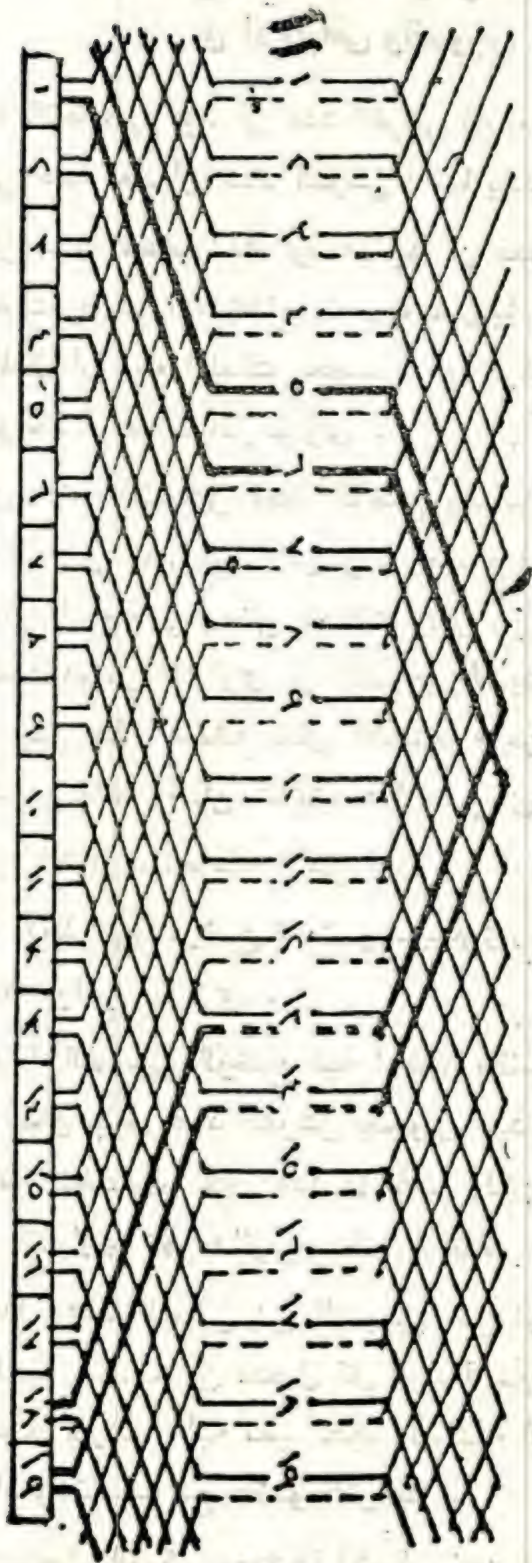
انفراد لف عضو استنتاج ١٦ مجرى ١٦ لايه لحام انطباقى
 منتصف الخطوة الف سلك واحد بخطوة (١ - ٥) قلب



انفراد لف عضو استنتاج ۱۷ مجری ۱۷ لامه ۴ قطلب
لحام تموجی الملف سلك واحد بخطوة (۱ - ۵)



انفراد لف عفسو استنتاج ١٩ مجرى ١٩ لاهه
 الملف سلك واحد بخطوة (١ - ٩) خاص بمحرك ميلينكس
 فرنسي عدد لفات الملف ٥٢ لفه قطر المسلك ٣.٠ مم



لحام انطباقى منتصف الخطوة البداية والنهاية مرحلة الى الخلف شـمال

العلاقة بين عدد الأقطاب وعدد الفرش في الانطباقى والتموجى

في حالة الانطباقى نجد أن عدد الفرش ثابت لا يتغير الا اذا تغير عدد الأقطاب وعلى هذا نجد أن عدد الفرش دائما يساوى عدد الأقطاب .
فاذا كان عدد اقطاب مثلا أربعة نجد أن عدد الفرش هو ايضا أربعة وحيث أن ملفات عضو الاستنتاج قسمت كهربيا حسب عدد اقطاب فاننا نجد في هذا المثال أن ربع الملفات محصورة بين فرشتين متماثلتين الأمر الذى يترتب عليه نواجد أربعة دوائر توازى .

ولكن في حالة التموجى نجد الوضع يختلف فاذا كان عدد الأقطاب أربعة كالمثال السابق فإن عدد الفرش لا يخضع لهذا العدد حيث أنه يمكن جعل عدد الفرش أربعة فى بعض الحالات ولكن من الشرح الخاص بالتموجى تعرفنا على عدد دوائر التوازى فى التموجى لا يتغير عن اثنين مهما تغير عدد الأقطاب وفى هذه الحالة يمكن الاستغناء عن فرشتين من الأربعة والاكتفاء بفرشتين فقط ويمكن تطبيق هذا على أى عدد من الأقطاب .
هنا يمكن القول بالتعريف الآتى :

في حالة الانطباقى الوضع ثابت وتساوى عدد الأقطاب مع عدد الفرش مع عدد دوائر التوازى .

أما في حالة التموجى الوضع فيه اختيار بالنسبة لعدد الفرش وعدد الأقطاب حيث يمكن جعل عدد الفرش يساوى عدد الأقطاب واما أن نجعل عدد الفرش اثنين فقط مهما كان عدد الأقطاب ولكن الثابت الذى لا يتغير هو عدد دوائر التوازى فهو دائرتين دائما لا تتغير بتغير عدد اقطاب .

عندما يعدل عدد الفرش فى التموجى الى فرشتين فقط نجد هذا الوضع من الناحية العملية أن تتحمل كل فرشة من الاثنين شدة تيار الآلة بالكامل الأمر الذى يترتب عليه تغير حجم الفرشة الى اكبر كى تتحمل هذه الشدة من التيار وتناسب مع عضو التوحيد .

وعندما نستعمل الفرش بعددها الأصلى نجد أن شدة التيار توزع بين الفرش المتماثلة فتقل شدة التيار الواقعة على كل فرشة وهنا يكون حجم الفرشة اصغر وهذه الحالة نجدها تستعمل فى المولدات الكبيرة القدرة حيث نجد أن عدد الفرش يساوى عدد الأقطاب .

مقارنة بين الانطباقى والتموجى

- ١ — فى الانطباقى : نحصل على (ق.د.ك) منخفضة وشدة تيار عالية .
فى التموجى : نحصل على (ق.د.ك) عالية وشدة تيار منخفضة .
- ٢ — فى الانطباقى : عدد دوائر التوازى تساوى عدد الأقطاب .
فى التموجى : عدد دوائر التوازى اثنين فقط مهما كان عدد الأقطاب .
- ٣ — فى الانطباقى : لحام أطراف الموصلات له وضعين اما أمام المجرى أو فى منتصف الخطوة حسب وضع الفرش بالنسبة لمحور الأقطاب .
فى التموجى : لحام أطراف الموصلات له وضع واحد وهو الاتجاه بطرف البداية الى جهة اليسار بمقدار نصف خطوة الملف العملية والاتجاه بطرف النهاية جهة اليمين بمقدار نصف خطوة الملف العملية ومع الالتزام بالخطوة الأمامية الموجودة فى الجدول .
- ٤ — يستعمل الجدول سواء فى الانطباقى والتموجى لتحديد خطوة الموصل الخلفية والأمامية فى شرح رسم الانفراد الخاص بعملية الملف مع مراعاة ان تكون الخطوة فردية .
- ٥ — تستعمل الخطوة العملية للملف فى التنفيذ العملى لتحديد المجرىين الخاصيتين بجانبى الملف مع العلم بأن مقدار هذه الخطوة اما أن يكون فردى واما أن يكون زوجى كما شرحنا سابقا .
- ٦ — فى الانطباقى الخطوة الخلفية بالزائد والأمامية ناقص .
فى التموجى كل من الأمامية والخليفة بالزائد .

محركات التيار المستمر

تنقسم أنواع محركات التيار المستمر بالنسبة لنوعية توصيل ملفات التنبيه فى المحرك مع المنتج فهى إما أن تكون بالتوالى أو بالتوازى أو يجمع المحرك بين ملفات التوالى والتوازى .

محرك التوالى : فى هذا المحرك تكون ملفات التنبيه متصلة مع المنتج بالتوالى وتتكون من سلك ذو مقطع كبير وعدد لفات قليلة — ويعتبر هذا المحرك من النوع المتغير السرعة حيث تقل بزيادة الحمل الواقع عليه وتزداد بنقصانه ، لذا يلزم عدم تشغيله بدون حمل حتى لا يدور بسرعة عالية كما أن عزم دورانه عند الابتداء يكون كبير وبذلك يمكن القيام بالحمل عند دورانه وهو يستعمل فى الأوناش وآلات الجر والقاطرات ويمكن التحكم فى سرعته بوضع مقاومة بالتوازى مع ملفات التنبيه .

محرك التوازي : في هذا المحرك تكون ملفات التنبيه متصلة مع المنتج بالتوازي وتتكون من سلك ذو مقطع صغير وعدد لفات كثيرة — يعتبر هذا المحرك ثابت السرعة مهما تغير الحمل وعزم دورانه يزداد بزيادة الحمل ولكن عند بدء الحركة يكون عزمه صغير لذا يستعمل في الأغراض التي لا يقوم فيها المحرك بالحمل والتي تحتاج الى سرعة ثابتة ويكمن التحكم في سرعته بتوصيل مقاومة بالتوالي مع ملفات التنبيه بحيث تتحكم في الفيض المغناطيسي الخاص بالأقطاب .

هذا ويمكن عكس اتجاه دوران النوعين السابقين وذلك عن طريق عكس اتجاه سير التيار اما في المنتج أو في ملفات التنبيه .

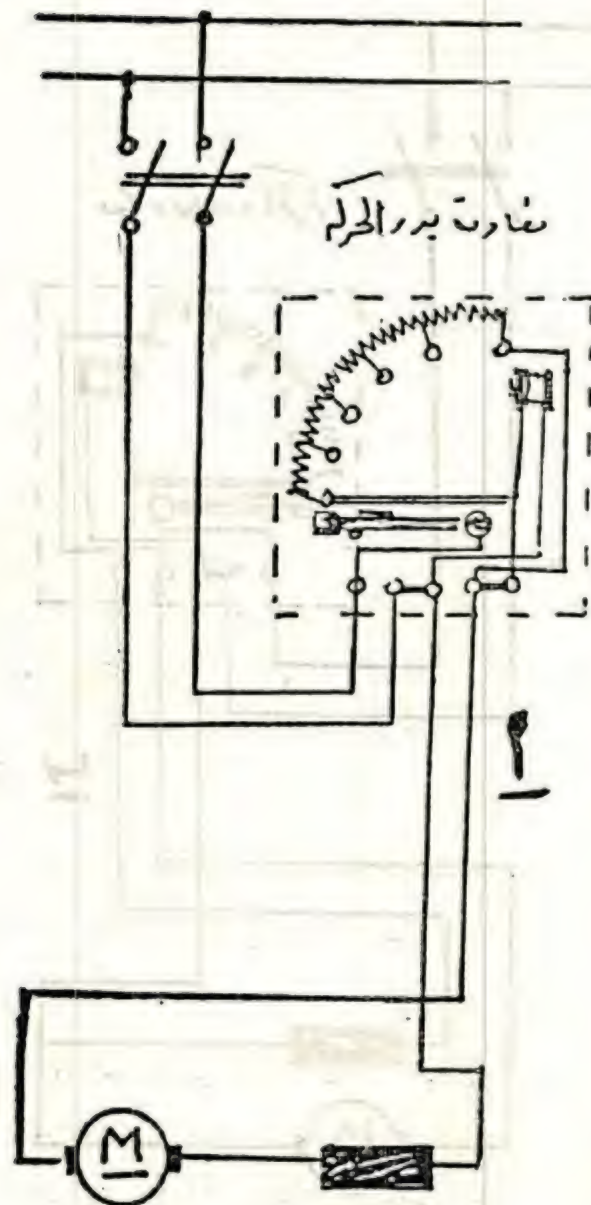
المحرك المركب : ينقسم المحرك المركب الى نوعين محرك مركب طويل ومحرك مركب قصير كلاهما ينقسم الى اما مركب اضافي أو مركب فرقي ونظرا لاحتواء هذا النوع من المحركات على نوعين من ملفات التنبيه حيث نجد ملفات تنبيه تتصل بالتوازي مع المنتج وملفات أخرى تتصل بالتوالي مع المنتج لذا سمي بالمحرك المركب — اما من حيث مركب اضافي ومركب فرقي سواء في المركب الطويل أو القصير يرجع هذا الى سير التيار في ملفات التوالي حيث نجد الآتي :

(أ) محرك مركب اضافي : في هذا النوع تكون مغناطيسية ملفات التوالي تساعد ملفات التوازي أي سير التيار في كل من ملفات التوازي والتوالي واحد .

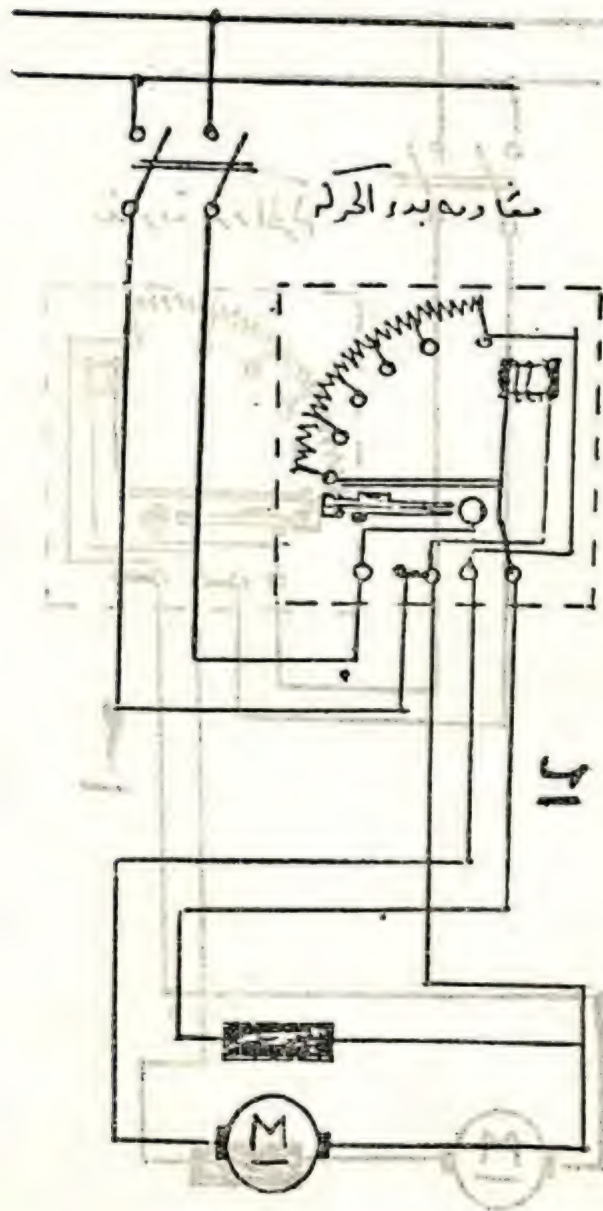
(ب) محرك مركب فوقي : في هذا النوع تكون فيه مغناطيسية ملفات التوالي تعاكس مغناطيسية ملفات التوازي وتكون الاستفادة بالفرق بينهما لأن سير التيار يكون في ملفات التوالي عكس اتجاه سير التيار في ملفات التوازي .

ملاحظة : المحرك الفرقي تزداد سرعته بزيادة الحمل لأن تيار الحمل في ملفات التوالي يضاد المجال الرئيسي لذا نجد استعماله قليل اما المحرك الاضافي له خواص محرك التوازي ويستعمل بكثرة .

دائرة محرك توالى مع بدء الحركة

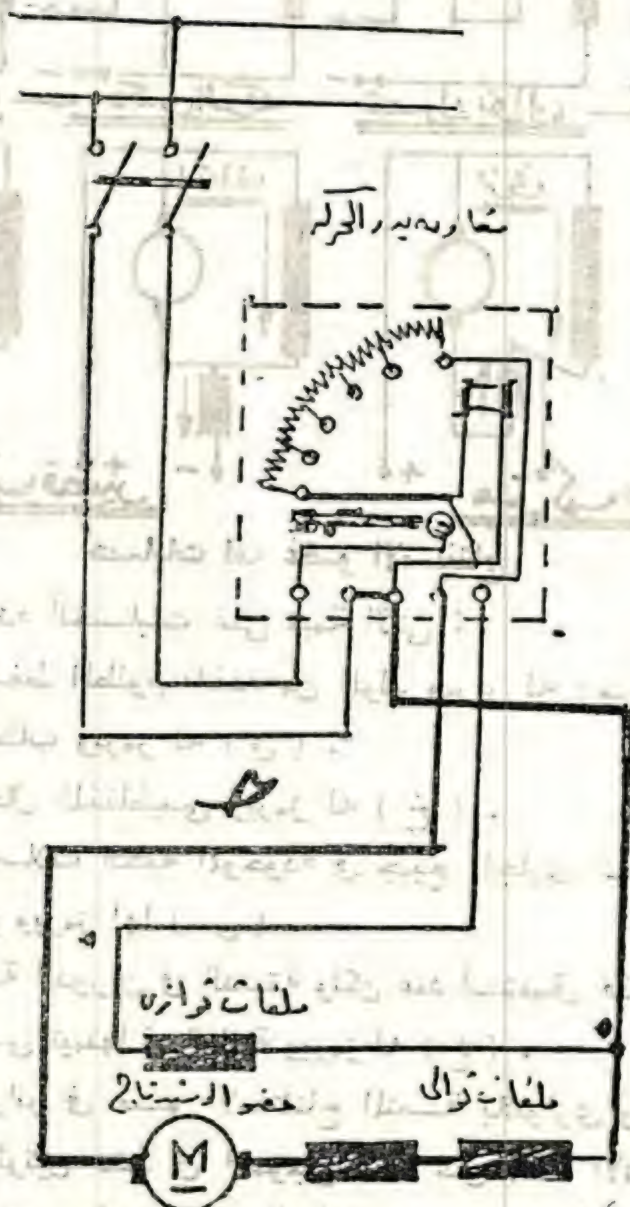


دائرة محرك توازي مع بدء الحركة



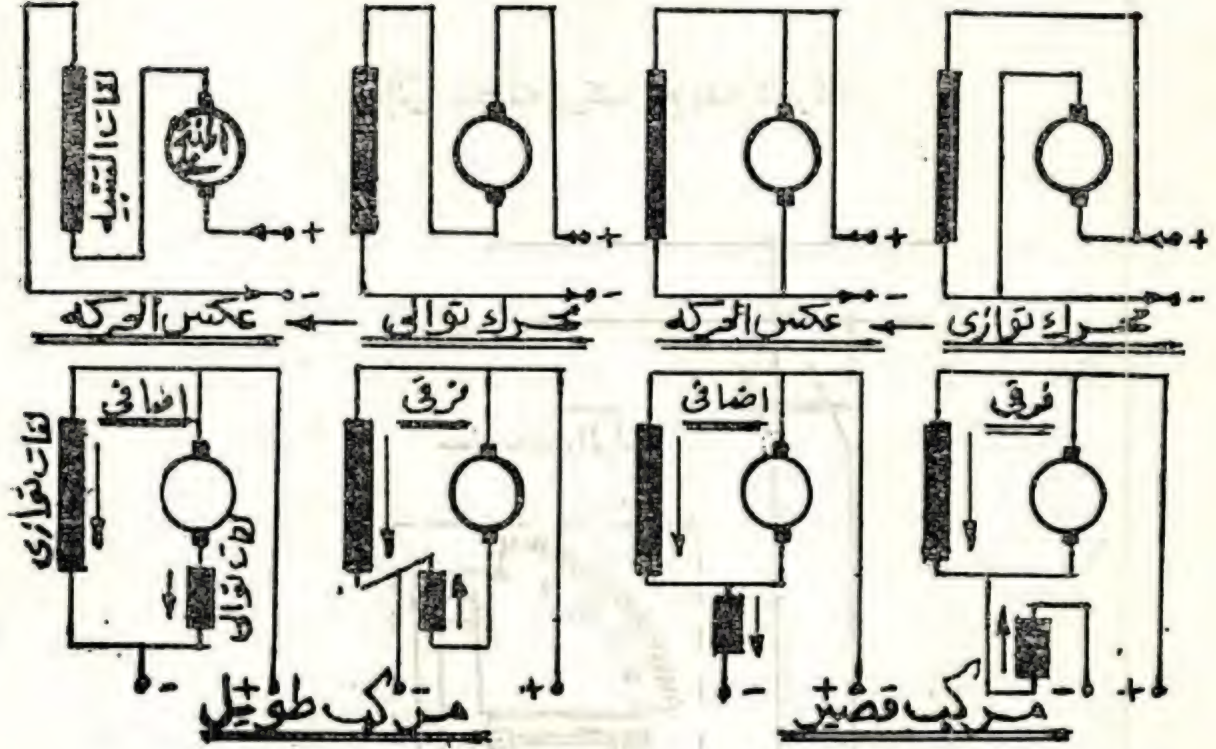
تحت يمين
بسم الله الرحمن الرحيم

دائرة محرك مركب مع بدء الحركة



- ١ -
- ٢ -
- ٣ -
- ٤ -
- ٥ -
- ٦ -
- ٧ -
- ٨ -
- ٩ -
- ١٠ -
- ١١ -
- ١٢ -
- ١٣ -
- ١٤ -
- ١٥ -
- ١٦ -
- ١٧ -
- ١٨ -
- ١٩ -
- ٢٠ -
- ٢١ -
- ٢٢ -
- ٢٣ -
- ٢٤ -
- ٢٥ -
- ٢٦ -
- ٢٧ -
- ٢٨ -
- ٢٩ -
- ٣٠ -
- ٣١ -
- ٣٢ -
- ٣٣ -
- ٣٤ -
- ٣٥ -
- ٣٦ -
- ٣٧ -
- ٣٨ -
- ٣٩ -
- ٤٠ -
- ٤١ -
- ٤٢ -
- ٤٣ -
- ٤٤ -
- ٤٥ -
- ٤٦ -
- ٤٧ -
- ٤٨ -
- ٤٩ -
- ٥٠ -
- ٥١ -
- ٥٢ -
- ٥٣ -
- ٥٤ -
- ٥٥ -
- ٥٦ -
- ٥٧ -
- ٥٨ -
- ٥٩ -
- ٦٠ -
- ٦١ -
- ٦٢ -
- ٦٣ -
- ٦٤ -
- ٦٥ -
- ٦٦ -
- ٦٧ -
- ٦٨ -
- ٦٩ -
- ٧٠ -
- ٧١ -
- ٧٢ -
- ٧٣ -
- ٧٤ -
- ٧٥ -
- ٧٦ -
- ٧٧ -
- ٧٨ -
- ٧٩ -
- ٨٠ -
- ٨١ -
- ٨٢ -
- ٨٣ -
- ٨٤ -
- ٨٥ -
- ٨٦ -
- ٨٧ -
- ٨٨ -
- ٨٩ -
- ٩٠ -
- ٩١ -
- ٩٢ -
- ٩٣ -
- ٩٤ -
- ٩٥ -
- ٩٦ -
- ٩٧ -
- ٩٨ -
- ٩٩ -
- ١٠٠ -

محركات التيار المستمر



حسابات لف عضو الاستنتاج

تتوقف هذه الحسابات على قيمة الآتي :

- ١ — قيمة الضغط المطلوب أخذه من المولد ويرمز له (ض) .
- ٢ — عدد الأقطاب ويرمز له (ق) .
- ٣ — قيمة المجال المغناطيسي ويرمز له (خ) .
- ٤ — عدد الموصلات الكلية الموجودة في جميع الجارى الخاص بعضو الاستنتاج ويرمز لها (س) .
- ٥ — قيمة سرعة الدوران في الدقيقة ولكن عند استعمال هذه القيمة نأخذها على أساس قيمتها في الثانية ويرمز له (ع) .
- ٦ — عدد الدوائر في عضو الاستنتاج المتصلة بالتوازي وهى كما شرحنا سابقا دائرتين فقط في التمرجى مهما كان عدد الأقطاب وفي حالة الانطباقى تتساوى دوائر التوازي مع عدد الأقطاب ويرمز له لعدد دوائر التوازي (و) .

لاحظ أن قيمة المجال المغناطيسى من حيث زيادته أو نقصه وكذلك قيمة سرعة الآلة التى تدوير المولد من حيث زيادتها أو نقصانها كل من الاثنين له التأثير الأساسى على قيمة القوة الدافعة الكهربائية المستنتجة .

من البيانات السابقة يمكن حساب قيمة (ق، د، ك) المستنتجة في عضو الاستنتاج على أساس تركيب القانون الآتى :

$$\text{ض} = \frac{\text{ق} \times \text{خ} \times \text{س} \times \text{ع}}{٦٠ \times ٨١٠ \times ١٠} = \text{فولت}$$

تعتبر تركيبة هذا القانون للحصول على قيمة (ض) هى واحدة من تركيبات أخرى يستعمل فيها نفس الرموز السابقة .

هذا ويمكن حساب (ض) أيضا على النحو التالى فى الانطباقى

$$\text{خ} \times \text{ع} \times \text{ثانية} \times \text{س} \times ١٠ = \text{أما فى التموجى} = \text{عدد أزواج الأقطاب} \times \text{خ} \times \text{ع} \times \text{ثانية} \times \text{س} \times ١٠$$

ولكى نحصل على عدد الأسلاك الكلية فى القانون السابق نعلم أن كل مجرى من مجارى عضو الاستنتاج يوجد بها جانبى ملف فاذا كان جانب الملف عبارة عن ١٥ لفة يكون فى المجرى ٣٠ سلك واذا كان عدد المجارى مثلا ١٢ مجرى يكون عدد الأسلاك هو حاصل ضرب عدد الأسلاك فى المجرى فى عدد المجرى = ٣٠ × ١٢ = ٣٦٠ سلكا .

ملاحظة : فى حالة الانطباقى نظرا لقسمة عدد الأقطاب على عدد دوائر التوازى وهما متساويان والناتج واحد صحيح نجد فى قانون (ض) فى الانطباقى لم يضع هذا فى الاعتبار فى حالة التموجى نظرا لأن عدد الدوائر التوازى دائما اثنين نجد فى قانون (ض) تموجى تقسم عدد الأقطاب (ق) على (و) وهى عدد دوائر التوازى ويقال عنها فى بعض الأحوال عدد أزواج الأقطاب نظرا لقسمة عدد الأقطاب على اثنين .

مثال

مولد يراد معرفة قيمة ضغطه فى حالة التموجى والانطباقى اذا كان مقدار الفيض المغناطيسى ٦٠٠٠٠ خط وعدد الأقطاب ٤ وسرعة دورانه ١٠٠٠ لفة/دقيقة وعدد مجارى عضو الاستنتاج ١٢ مجرى وعدد قطاعات عضو التوحيد ١٢ قطعة وعدد لفات الملف الواحد ٢٥ لفة

الحل

نظراً لأن عدد المجارى = عدد قطاعات التوحيد إذن عدد الملفات يكون

١٢ ملف .

عدد الأسلاك في المجرى = ٢٥ لفة وتعتبر جانب واحد ونظراً لتواجد جانبيين في المجرى اذن يكون العدد لأسلاك المجرى الواحد (٥٠ سلك) .
 ∴ عدد الموصلات الكلية = ١٢ مجرى × ٥٠ سلك = ٦٠٠ سلك

$$\therefore \text{الضغط في حالة التمرجى} = \text{خ} \times \frac{\text{ق}}{\text{و}} \times \frac{\text{ع}}{\text{س}} \times ١٠ \text{ فولت}$$

$$= ١٠٠٠ \times \frac{٤}{٢} \times \frac{١٠٠٠}{٦٠} \times ١٠ \times ١٢ \text{ فولت}$$

$$\text{الضغط في حالة الانطباق} = ١٠٠٠ \times \frac{٤}{٤} \times \frac{١٠٠٠}{٦٠} \times ١٠ \times ١٢ \text{ فولت}$$

حساب عزم الدوران في المحرك

ان العزم الناتج من أى عضو استنتاج يمكن حسابه من التدقيق للقطب الواحد وتيار عضو الاستنتاج حيث نجد أن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في موصلات المحرك تعاكس التيار ولذا سميت بالقوة الدافعة العكسية .

- ١ - ق.د.ك = القوة الدافعة الكهربائية .
- ٢ - ض = فرق الجهد على طرفى المحرك .
- ٣ - م = مقاومة عضو الاستنتاج .
- ٤ - ش = التيار الكلى لعضو الاستنتاج .

من هذا ينتج عندنا الآتى :

$$\text{ش} = \frac{\text{م}}{\text{ق.د.ك} - \text{ض}}$$

ض - ق.د.ك العكسية

$$\text{أو ض} = \text{ق.د.ك} - \text{ق.د.ك العكسية} + \text{م} \times \text{ش}$$

$$\text{والقدرة الكلية المعطاة لعضو الاستنتاج} = \text{ض} \times \text{ش}$$

$$= (\text{ق.د.ك} - \text{ق.د.ك العكسية} \times \text{ش}) + (\text{م} \times \text{ش}^2)$$

ويلاحظ في المعادلة السابقة أن الطرف الثانى من الحد الثانى عبارة عن القدرة المفقودة في عضو الاستنتاج وهو (م ش) والطرف الأول من نفس الحد يعطى القدرة الباقية وهى التى تتحول الى قدرة ميكانيكية .

∴ القدرة الميكانيكية = ق.د.ك. العكسية × ش. ١ .

وإذا كانت ع = عزم الدوران بالرطل قدم .

وإذا كانت ن = عدد اللفات للدوران في الثانية

تكون القدرة الميكانيكية = ٢ ط × ع × ن = قدم رطل ثانية

$$\frac{٢٢}{٧} = \text{ولما كان الحصان} = ٥٥. \text{ رطل ثانية} ، ٧٤٦ \text{ وات} ، ط = \frac{٢٢}{٧}$$

$$\therefore \text{تكون القدرة الميكانيكية} = ع \times \frac{٢ \text{ طن}}{٥٥.٧} = \text{حصان}$$

$$\text{أو} = \frac{٧٤٦}{٥٥.٧} \times ٢ \text{ طن} \times ع = \text{وات}$$

ق.د.ك. العكسية × ش. ١

∴ ع أى عزم الدوران =

$$\frac{٨٥٢ \times ن}{١٧٤}$$

$$\frac{١٧٤ \times \text{ق.د.ك.} \times ش. ١}{٨٥٢}$$

ن

لاحظ أن (١٧٤ ر.) هى ناتج ضرب البسيط فى ١٠٠ ، ضرب

$$٨٥٢ \times ١٠٠$$

وحيث أن معادلة الضغط (ض) = عدد الموصلات × السرعة × ثانية × عدد الأقطاب

$$\frac{\text{التدفق} \times ١٠ \times ٨}{\text{عدد دوائر التوازي}}$$

$$\frac{\text{عدد دوائر التوازن} \times ١٠ \times ٨}{\text{العزم} = ١٧٤ \text{ ر.} \times \frac{\text{عدد الأسلاك الكلية} \times \text{عدد الأقطاب} \times \text{التدفق} \times ش. ١}{٦٠ \times ١٠ \times \text{ق.د.ك.}}}$$

∴ العزم = ١٧٤ ر. ×

$$\frac{\text{عدد الأسلاك الكلية} \times \text{عدد الأقطاب} \times \text{التدفق} \times ش. ١}{٦٠ \times ١٠ \times \text{ق.د.ك.}}$$

$$\frac{\text{ق.د.ك.} \times ١٠ \times ٦٠}{\text{السرعة فى الدقيقة} \times \text{عدد أسلاك المنتج}}$$

والتدفق يحسب مقداره بالأتى =

$$\frac{\text{السرعة فى الدقيقة} \times \text{عدد أسلاك المنتج}}{\text{مثال}}$$

مولد كهربى ذو أربعة أقطاب وعدد أسلاك عضو الاستنتاج ٢٢٦ سلكا

ولحامه تموجى ينتج قوة دافعة كهربية ٢٦٠ فولت عندما يدار بسرعة ٧٥٠

لفة/دقيقة والمطلوب معرفة قيمة التدفق المغناطيسى للقطب الواحد .

الحل

لحام هذا المولد تموجى أى عدد دوائر التوازي = ٢ دائرة .

$$ق \times خ \times س \times ع$$

$$\therefore ض = \frac{ق \times خ \times س \times ع}{و}$$

$$و = ١٠ \times ٦٠ \times ٢$$

$$٧٥٠ \times ٢٢٦ \times ٤ \times خ$$

$$\therefore ٢٦٠ فولت = \frac{٧٥٠ \times ٢٢٦ \times ٤ \times خ}{١٠ \times ٦٠ \times ٢}$$

$$١٠ \times ٦٠ \times ٢$$

$$١٠ \times ٦٠ \times ٢ \times ٢٦٠$$

$$\therefore خ = \frac{٢٦٠ \times ٢ \times ٦٠ \times ١٠}{٧٥٠ \times ٢٢٦ \times ٤} = ٤٦٠٠٠٠٠ خطا$$

$$٧٥٠ \times ٢٢٦ \times ٤$$

حل آخر

$$ض توحى = ٢ \times خ \times س \times ع / ثانية ١٠ - ٨$$

$$\therefore ٢٦٠ فولت = \frac{٢ \times خ \times ٢٢٦ \times ١٢٥٠}{١٠} = ٢٦٠$$

$$\therefore خ التدفق = \frac{٢٦٠ \times ٢ \times ١٢٥٠ \times ١٠}{٢٦٠} = ٤٦٠٠٠٠٠ خطا$$

$$٢٦٠ \times ٢ \times ١٢٥٠ \times ١٠$$

البطارية الثانوية

تعتبر البطارية الثانوية أحد مصادر التيار المستمر وتسمى بالمرآكم وتتكون هذه البطارية من الأجزاء الآتية :

١ - الجسم الخارجى للبطارية وهو عبارة عن صندوق مصنوع من مادة عازلة مثل البكاليت أو الزجاج السميك فى بعض الحالات أو البلاستيك القوى المقاوم للأحماض ويقسم هذا الصندوق الى عدة أقسام حسب عدد الأعمدة المستعملة بحيث يكون كل قسم قائم بذاته أى منفصلا عن القسم الآخر ويوجد فى قاع كل قسم أعصاب يرتكز عليها الألواح وبحيث يكون قاصلا الألواح وبين الرواسب التى تترسب فى قاع الصندوق نتيجة عملية الشحن والتفريغ .

٢ - الألواح : يوجد فى كل قسم من أقسام الصندوق مجموعة من الألواح الموجبة ومجموعة من الألواح السالبة .

(أ) الألواح الموجبة وتتكون من شبكة من الرصاص تملأ فتحات هذه الشبكة بعجينة من أكسيد الرصاص ويكون لون الألواح الموجبة بنى .

(ب) الألواح السالبة وتتكون من شبكة من الرصاص تملأ فتحاتها بعجينة من مسحوق الرصاص الاسفنجى النقى .

هذا وتزيد عدد الألواح السالبة عن عدد الألواح الموجبة فى كل قسم

من أقسام الصندوق بعدد لوح واحد سالب وذلك للاستفادة من وجهى اللوح الموجب الأخير فى المجموعة ، وتجمع الألواح السالبة والموجبة بالتوازي فى كل قسم الذى يسمى بالعين وبحيث يكون التجميع عن طريق تداخل كل من الألواح السالبة مع الألواح الموجبة وتثبت داخليا من السنتها فى موصل الألواح هنا ويصل عدد الألواح فى بعض البطاريات وفى كل عين الى ١٣ لوح منها ٦ ألواح موجبة ، ٧ ألواح سالبة وفى بعض البطاريات يصل عدد ألواح كل عين الى ١٧ لوح منها ٨ ألواح موجبة ، ٩ ألواح سالبة .

٣ — عوازل الألواح : يجب فصل كل لوح عن الآخر بواسطة حاجز من أى مادة عازلة تكون لا تتأثر بالحامض وتكون مسامية مثل الخشب أو البلاستيك .

٤ — موصل الأعمدة (الكبرى) يصنع هذا الكبرى من الرصاص ويستعمل لتوصيل مجموعة الألواح الموجبة فى كل عمود من خارج الصندوق بالتوالى مع مجموعة الألواح السالبة فى العمود الذى يليه بحيث ينتج لنا فى النهاية قطبين فقط أحدهما موجب والآخر سالب .

٥ — السائل الحمضى : ويتكون من حامض كبرتيك ويخفف بالماء المقطر حتى تكون درجة كثافته ٢٥٠ راجم/سم^٣ ويصب باحتراس فى كل عين بحيث يزيد عن الألواح بمقدار $\frac{1}{4}$ سم تقريبا وعندما ينقص مستوى السائل عن هذا المقدار يزود بالماء المقطر مع مراعاة درجة الكثافة دائما والسبب فى تزويد السائل بالماء المقطر فقط هو أن الماء الذى يتبخر ويبقى الحامض كما هو . هذا ويوجد لكل عين فتحة خاصة لصب السائل ثم تقفل هذه الفتحة بسداده مقلوطة ويوجد فى كل سداده ثقب يسمح بتسرب الغازات الناتجة من التفاعلات الكيميائية .

إذا كانت البطارية تتكون مثلا من ثلاثة أقسام تكون ذات ثلاثة أعمدة يعطى كل واحد منها قوة دافعة كهربية مقدارها ٢ فولت وعلى هذا تكون البطارية بعد توصيل هذه الأعمدة الثلاثة بالتوالى تعطى ٦ فولت وهكذا إذا زادت عدد الأعمدة يكون قيمة ضغط البطارية عبارة عن عدد الأعمدة \times ٢ فولت .

عند شحن البطارية وصل الطرف الموجب لتيار الشحن مع القطب الموجب للبطارية والطرف السالب مع القطب السالب لبطارية فعند مرور التيار الخاص بالشحن يتحلل الماء الى أيونات الأيروجين الموجبة التى تتجه

ناحية القطب السالب في اتجاه تيار الشحن وايونات الأكسجين السالبة وتتجه ناحية القطب الموجب في عكس اتجاه تيار الشحن .
وعند التفريغ ينعكس اتجاه التيار بحيث يكون من القطب الموجب للبطارية الى المقاومة الخارجية (الحمل) ومن المقاومة الى القطب السالب وداخل البطارية يكون الاتجاه من السالب الى الموجب وعلى هذا يتحلل الحامض الى أيونات الأيدروجين الموجبة والتي تتجه ناحية القطب الموجب في اتجاه سير التيار الخاص بالتفريغ وكذا أيونات الكبريتات السالبة والتي تتجه ناحية القطب السالب وفي عكس اتجاه التيار . هذا ولا داعي لنا أن نتعرض للمعادلات الكيميائية التي تحدث في حالة الشحن والتفريغ .

هذا ويمكن القول انه عند القطب الموجب يتفاعل الأكسجين مع كبريتات الرصاص مع وجود الماء ويتكون ثنائي أكسيد الرصاص وحامض الكبريتك وعند القطب السالب يتفاعل الأيدروجين مع كبريتات الرصاص وتتكون طبقة من الرصاص الاسفنجي وحامض الكبريتك ، وفي نهاية عملية الشحن نجد أن سطح الألواح الموجبة تتحول الى ثنائي أكسيد الرصاص وسطح الألواح السالبة تتحول الى رصاص اسفنجي .

كما أن كثافة الحامض أثناء الشحن نجدها ترتفع بعض الشيء وتزيد عن ١.٢٥٠ ويجب أن لا تزيد هذه الزيادة عن ١.٢٨٠ حتى لا يحدث تركيز للحامض وبضر الألواح .

لاحظ أن قيمة (ق.د.ك) عند نهاية عملية الشحن تزيد عن ٢ فولت المقررة لكل عين وتصل الى ٢.٧ فولت كما أن استمرار مرور تيار الشحن يترتب عليه استمرار في استهلاك الماء عن طيق التحليل فيتصاعد الأكسجين عند القطب الموجب ويتصاعد الأيدروجين عند القطب السالب كما ترتفع درجة حرارة المحلول وتعتبر جميع هذه الحالات السابقة الذكر دلالة على قرب انتهاء وقت الشحن فنجد الغازات تتصاعد على شكل فقاعات .

ان الزيادة في قيمة فولت العين والتي تصل الى ٢.٧ فولت أثناء الشحن نجدها تقل عند التحميل مباشرة الى ١.٧٥ فولت .

تحضير السائل

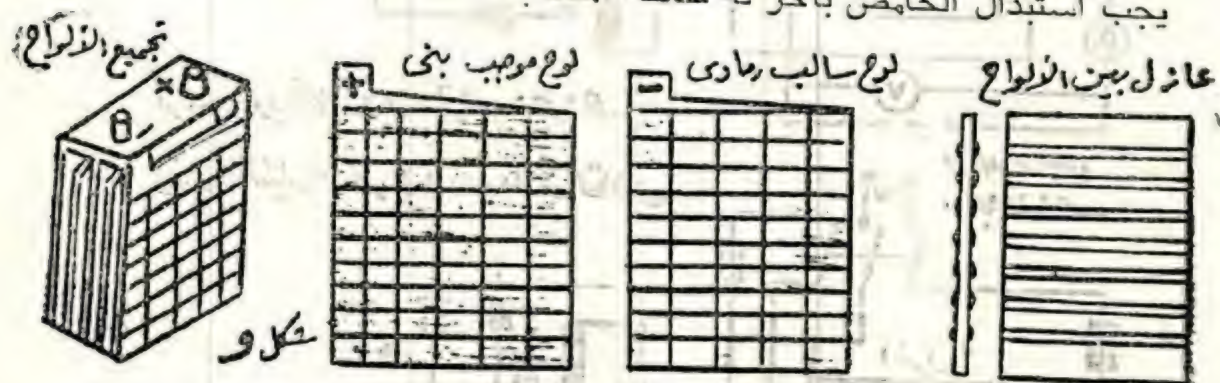
ان عملية تحضير السائل لها خطورتها وتعليماتها ولذا يجب تنفيذ

الآتي :

١ - تحضير اثناء نظيف من الفخار والزجاج السميك .

٢ - تحضير هيدروميتر وهو جهاز لقياس كثافة السائل .

- ٣ — تحضير حامض الكبريتيك والماء المقطر ولا تستعمل الماء العادى .
- ٤ — تحضير قضيب من الزجاج لتحريك السائل أثناء عملية التحضير .
- ابدا بوضع الماء المقطر فى الإناء ثم بحذر وتدرجيا صب الحامض مع تقليب السائل حتى لا يتركز الحامض فى قاع الإناء مع مراعاة أن النسبة واحد حامض مركز الى ثلاثة ماء ثم اترك السائل حتى يبرد وبعد ذلك يمكن وضعه فى البطارية بحيث يغطى الأنواع بارتفاع $\frac{1}{2}$ سم ثم اترك البطارية وإذا انخفض ارتفاع السائل أضف اليه قليلا من الماء المقطر ثم ضع البطارية على ينبوع الشحن .
- ان كثافة الحامض هى افضل دليل لمعرفة حالة البطارية فى الشحن والتفريغ فاذا كانت كثافة الحامض بداخل البطارية تتراوح ما بين ١.٢٥ الى ١.٢٨ تكون البطارية فى حالة شحن وعندما تكون ارغة نجد أن كثافة الحامض تنخفض الى ١.٢٠ ولا يجب أن تقل عن ١.١٥ لأننا فى هذه الحالة يجب استبدال الحامض بأخر له كثافته المناسبة .



جهاز الأيدرومتر

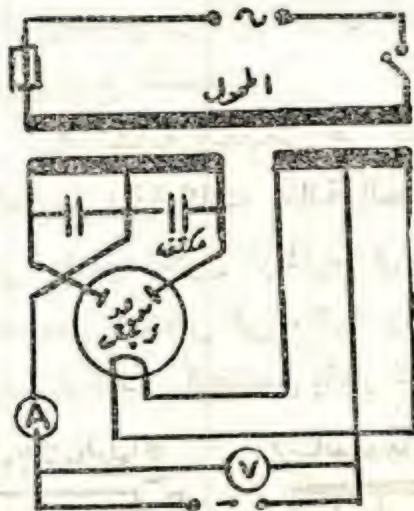
ألواح البطارية



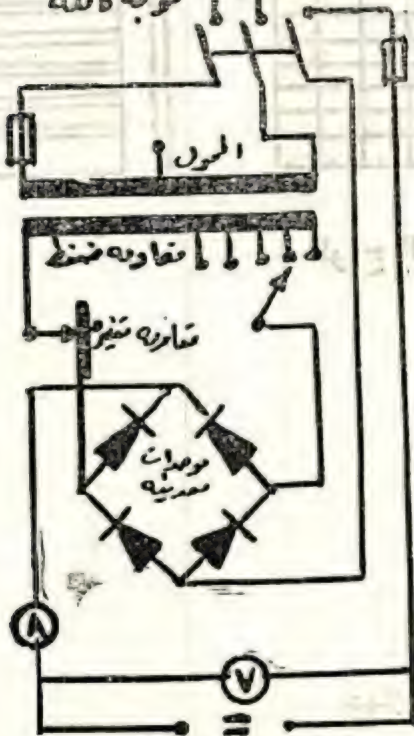
جهاز الأيدرومتر
لقياس كثافة حامض البطارية

هذا ويمكن التعرف على شحنة أو تفريغ البطارية عن طريق جهاز الفولت ذو الشوكتين وذلك عن طريق قياس ضغط كل عين على حدة ويجب أن تتم عملية القياس والبطارية محملة فإذا كان ضغط العمود ١٧٥ فولت كانت في حالة شحن وإذا نقص عن ذلك يكون في حالة تفريغ ويجب أن لا يقل ضغط العمود عن ١٥ فولت .

عمليات توحيد التيار المتغير



موجبه مترجيح
موجبه كامله



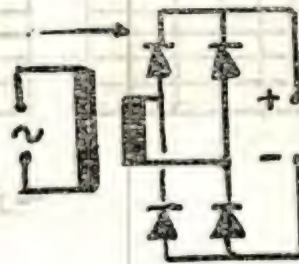
النازله الكامله لتوصيل
موجبه كامله بموجبات سدينيه.



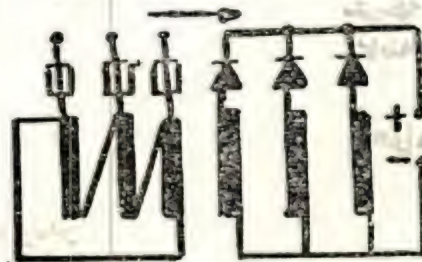
توصيه نصف موجبه وقيمه ضغط الملف
التانوى هو قيمه ضغط التيار المتغير.



توصيه موجبه كامله عن طريقه اتجاهيه
وضغط التيار المتغير في ضغط الملف التانوى.



توصيه موجبه كامله عن طريقه اتجاه واحد
وضغط التيار المتغير يادى ضغط التانوى.



توصيه نصف موجبه عن طريقه اتجاه
واحد في محول ثلاثه اوجه.

المحولات الكهربائية

من مميزات التيار المتغير على التيار المستمر سهولة امكن تحويل قيمته من حيث الضغط سواء من منخفضه الى عاليه أو العكس ، ولهذه الميزة تأثير اقتصادى كبير فى تكاليف نقل القدرة الكهربائية ، وتأثير فنى فى امكن استعماله على أوسع نطاق .

وقد تتم عملية التحويل المشار إليها سابقا عن طريق استعمال المحولات الكهربائية حيث أنها على درجة كبيرة من الجودة من أى جهاز آخر لهذه العملية ، والمحول المتغير وبدون الحاجة الى استعمال أى أجزاء متحركة مثل الولادات .

تركيب المحول

يتركب المحول فى أبسط صورة له من الأجزاء الأساسية الآتية :

١ — القلب الحديدى ٣

٢ — الملف الابتدائى .

٣ — الملف الثانوى .

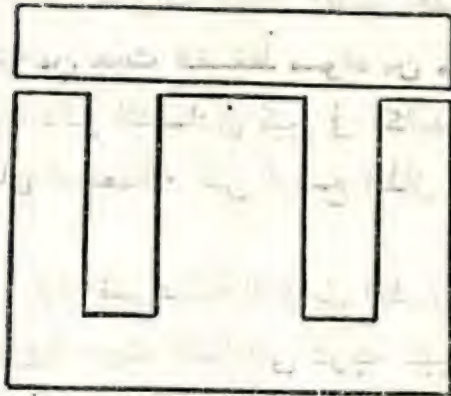
القلب الحديدى

يصنع القلب الحديدى من رقائق من الحديد الطرى أو من سبيكة خاصة من الحديد ويكون سمك الرقيقة الواحدة (٣ ر .) تقريبا وتكون مغزولة من أحد الوجهين أما بالأكسدة أو الورنيش ، وقد تختلف أشكال الرقيقة من حيث الشكل والتجميع فقط ، كما تشكل مجموعة الرقائق فى بعض الحالات قلب واحد أو قلبان أو ثلاثة .

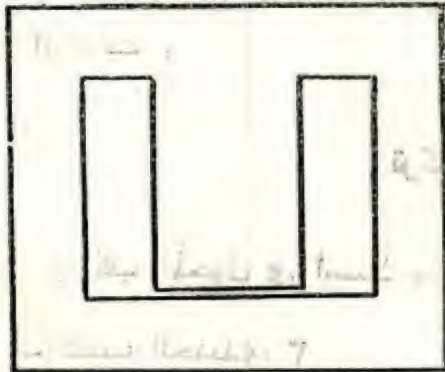
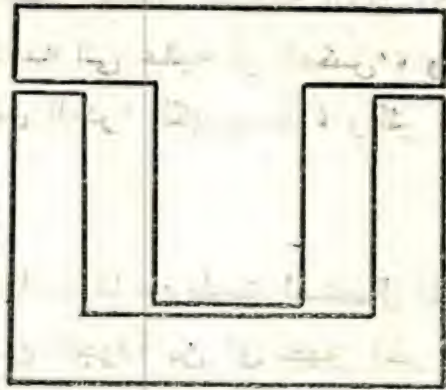
غائدة القلب الحديدى فى المحول هو إيجاد النض المغناطيسى اللازم لعملية التحويل سواء كانت خفض أو رفع نتيجة مرور التيار الكهربى فى الملفات المركبة عليه وقد يختلف حجم القلب الحديدى حسب صغر أو كبر قدرة المحول .

انواع من رقائيق المحولات

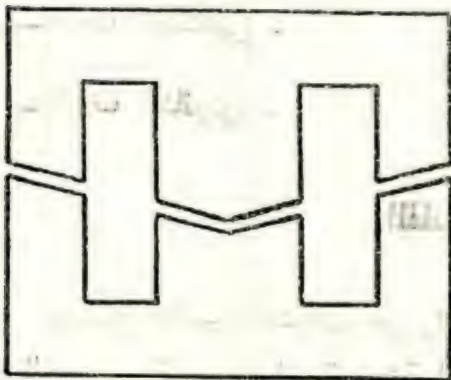
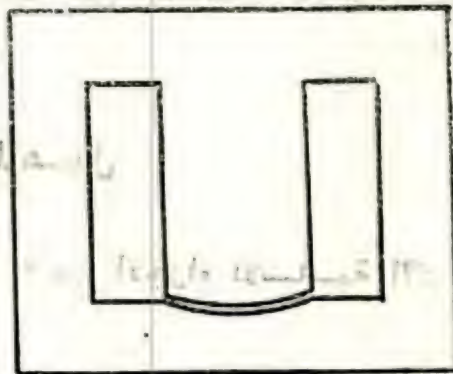
ذات الوجه الواحد



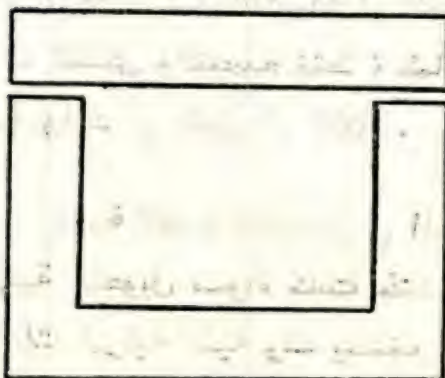
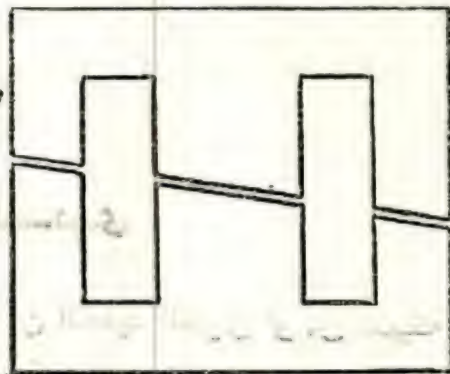
١



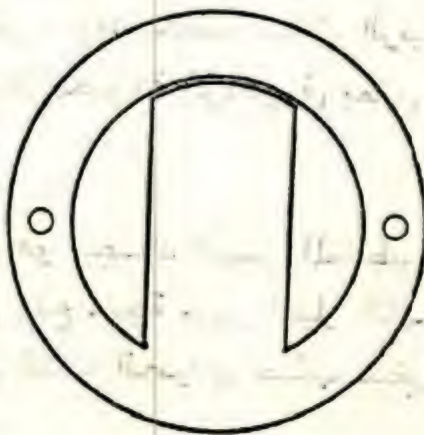
٣



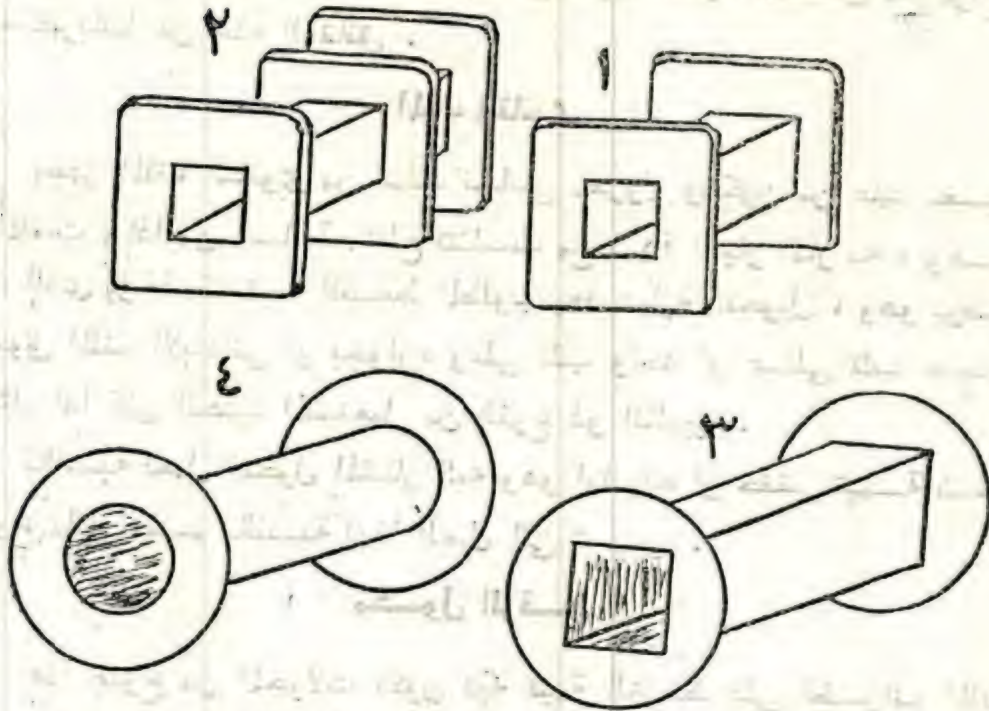
٥



٧

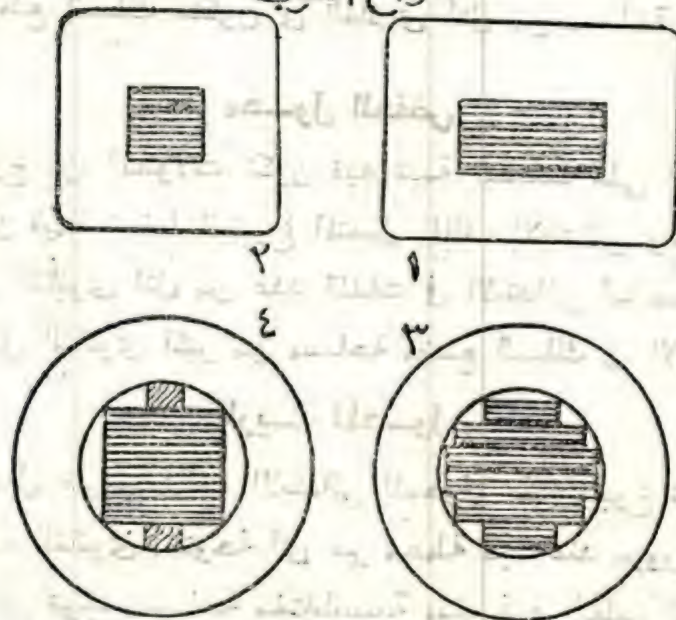


أنواع من البكر المستعمل لللفات المحولات



أنواع من القلب الحديدي للمحولات

أنواع القلوب



الملف الابتدائي

يجهز الملف الابتدائي من سلك نحاس معزول ورنيش أو قطن أو حرير ومن عدد معين من اللفات ويكون لهذا السلك مساحة مقطع تتناسب مع شدة التيار التي تمر به ، وهو الملف الذي يتصل مباشرة بضغط الينوع المراد

رفعه أو خفضه ، ويوضع الملف الابتدائى حول القلب الحديدى مع مراعاة عزله كهربائيا عن هذه الرقائق .

الملف الثانوى

يجهز الملف الثانوى من سلك نحاسى معزول ويتكون من عدد معين من الملفات وكذا من مساحة مقطع تتناسب مع شدة التيار المار به ، وهو الملف الذى يؤخذ منه قيمة الضغط المطلوب بعد عملية التحويل ، وهو يوضع أما فوق الملف الابتدائى أو بجواره وعلى قلب واحد أو على قلب حديدى مستقل اذا كان الحديد المستعمل من النوع ذو القلبين .
بالنسبة لعمل المحول المشار اليه وهو اما رفع أو خفض قيمة ضغط للينبوع غانه ينقسم بالنسبة لهذا العمل الى قسمين .

محول الرقع

هذا النوع من المحولات تكون فيه قيمة الضغط على أطراف الملف الثانوى اعلى من ضغط الينبوع المتصل بالملف الابتدائى والمراد تحويله . وعلى هذا يكون عدد اللفات فى الثانوى أكثر من عدد اللفات فى الابتدائى أما مساحة مقطع السلك فتكون فى الثانوى أقل من مساحة مقطع السلك فى الابتدائى .

محول الخفض

هذا النوع من المحولات تكون فيه قيمة الضغط على أطراف الملف الثانوى أقل من قيمة ضغط الينبوع المتصل بالملف الابتدائى وعلى هذا يكون عدد اللفات فى الثانوى أقل من عدد اللفات فى الابتدائى أما مساحة مقطع السلك فتكون فى الثانوى أكبر من مساحة مقطع السلك فى الابتدائى .

نظرية المحول

عند توصيل طرفى الملف الابتدائى للمحول على ينبوع تيار متغير مع ترك دائرة الملف الثانوى مفتوحة أى غير محملة نجد عند مرور التيار المتغير فى الملف الابتدائى توجد مساحة مغناطيسية متغيرة فى القلب الحديدى . ولما كان الملف الابتدائى مكون من عدد من اللفات فان المساحة المغناطيسية تعمل على ايجاد استنتاج نفس كبير للملف الابتدائى ، وبما أن مقاومة الملف المادية صغيرة جدا فانه لا يوجد فقد فى الضغط وتكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية هى الوحيدة التى تحدد قيمة التيار بالملف وقيمتها تكون قريبة جدا من القوة الدافعة الكهربائية للينبوع عدا قيمة صغيرة

جدا تقوى على امرار التيار اللازم للمفطسة ويسمى تيار المفطسة ويكون متأخرا (٩٠ درجة) عن ضغط الينبوع حيث أن (ض) العكسية تساوى وتضاد (ض) الينبوع تقريبا ولهذا السبب تكون القدر المنصرف بالملف الابتدائى عندما تكون دائرة الملف الثانوى مفتوحة تساوى صفرا أو حسب قيمة جودة المحول .

القوة الدافعة الكهربائية بالملف الثانوى

في المحول المتقن تصميمه وصنعه تقطع جميع الخطوط للمجال الناشئ حول الملف الابتدائى كل لفه من لفات الثانوى عند تمدد وتقلص هذه الخطوط وبذلك تكون القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في كل لفه من لفات الثانوى تساوى الموجودة في كل لفه من لفات الابتدائى ، وعلى هذا نجد نسبة القوة الدافعة الكهربائية الكلية في الابتدائى الى القوة الدافعة الكهربائية الكلية في اثنائى تساوى النسبة لعدد لفات الابتدائى الى عدد لفات الثانوى أى اذا تساوت عدد لفات الابتدائى مع عدد لفات الثانوى وتساوت القوة الدافعة الكهربائية العكسية للابتدائى مع ضغط الينبوع نجد أن القوة الدافعة الكهربائية في الثانوى تساوت مع الضغط للينبوع .

$$\frac{\text{ض ابتدائى}}{\text{لفات ابتدائى}} = \frac{\text{ض ثانوى}}{\text{لفات ثانوى}}$$

$$\therefore \text{ض ثانوى} = \frac{\text{ض ابتدائى} \times \text{لفات ثانوى}}{\text{لفات الابتدائى}}$$

وتسمى نسبة عدد لفات الثانوى الى عدد لفات الابتدائى بنسبة التحويل حيث نجد أن المحول الذى فيه لفات الابتدائى (١١٠ لفه) ولفات الثانوى (١٠٠٠ لفه) يسمى محول رفع (١٠/١) بينما نجد المحول الذى فيه لفات الابتدائى (١٠٠ لفه) ولفات الثانوى (١٠ لفات) يسمى محول خفض (١/١٠) .

ولما كانت القوة الدافعة الكهربائية في الثانوى متولدة من تأثير المجال المغناطيسى للملف الابتدائى نجد أن الزاوية بينهما وبين ضغط الينبوع (١٨٠ درجة) .

تيار الابتدائي والثانوى

عند توصيل مقاومة مادية بطرفى الملف الثانوى يمر بها تيار يناسب وقيمتها ويكون منطبقا مع ضغط الثانوى أى فى وجه واحد معه ، وينتج من مرور هذا التيار فى الثانوى مجالا مغناطيسيا متغيرا ويضاد مجال الابتدائى فيضعفه فتقل قيمة القوة الدافعة الكهربية العكسية فى الملف الابتدائى بذلك تزداد شدة التيار به بما يناسب الزيادة فى الحمل .

أى أن زيادة شدة التيار فى الثانوى نتيجة زيادة الحمل يتبعها زيادة فى تيار الابتدائى مع ضعف المجال المغناطيسى فيه ويتبع هذا هبوط فى قيمة الضغط فى كل من الملف الثانوى والملف الابتدائى ، وإذا استمرت هذه الزيادة فى تيار الثانوى بزيادة الحمل وتعدى شدة التيار القانونى فإن مجال الابتدائى يتلاشى وترتفع فيه شدة التيار نظرا لتلاشى القوة الدافعة الكهربية العكسية وتكون النتيجة هى احتراق الملف .

من الشرح السابق يتضح أنه فى حالة ما إذا كان ضغط الثانوى أكبر من ضغط الابتدائى تكون شدة التيار فى الابتدائى أكبر من شدة التيار فى الثانوى بما يناسب مع نسبة التحويل .

وإذا أهملنا المفاقيد فى المحول وكانت جودته تقرب من (٩٩٪) فإن القدرة فى الابتدائى تتساوى مع القدرة فى الثانوى .

$$\text{ض ثانوى} = \text{ض ابتدائى} \times \text{نسبة التحويل} .$$

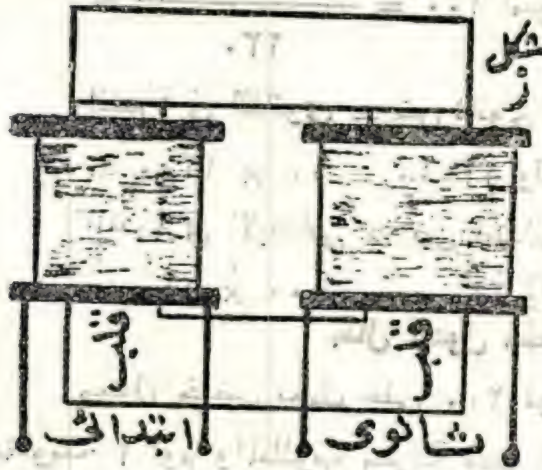
$$\text{ش ابتدائى} = \text{ش ثانوى} \times \text{نسبة التحويل} .$$

قبل أن نعطى أمثلة على محولات الرفع ومحولات الخفض يجب أن نعلم أن هذه المحولات بنوعها تنقسم إلى قسمين :

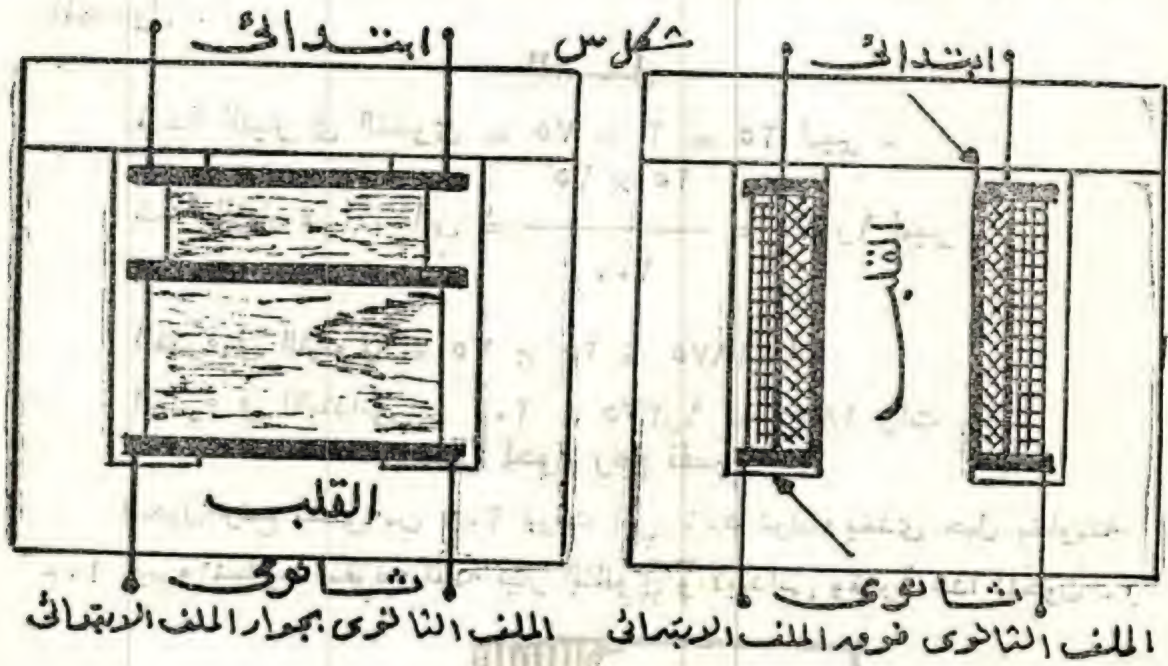
١ — محولات استنتاجية وهى ذات الملف الابتدائى المستقل والملف الثانوى المستقل بحيث لا يوجد أى اتصال كهربى بين لفات الابتدائى ولفات الثانوى .

٢ — محولات نفسية وهى ذات الملف الواحد المدرج الذى يجمع بين كل من الملف الابتدائى والملف الثانوى كما هو موضح فى الأمثلة الآتية حيث نجد أن هناك اتصال كهربى بين الملف الابتدائى والملف الثانوى سواء فى حالة الرفع أو فى حالة الخفض بعكس الحال فى المحول الاستنتاجى .

الرسومات الآتية تبين بعض الأوضاع للملف الثانوى والابتدائى على قلب المحول سواء كان هذا المحول رفع أو خفض استنتاجى .



فى هذا النوع من وضع الثانوى والابتدائى عندما تحصل على عدد لفات الفولت الواحد يجب ضربها فى ١٧٥ .



الملف الثانوى فوق الملف الابتدائى الملف الثانوى بهوار الملف الابتدائى

مثال لمحول رفع استنتاجى

محول رفع من ٢٣٠ فولت الى ٢٣٠٠ فولت يغذى حمل مقاومته ٢٣٠ أوم والمطلوب معرفة قيمة كل من تيار الابتدائى والثانوى وقسدة هذا المحول .

الحل

$$\text{شدة التيار فى الثانوى} = \text{ض ثانوى} \div \text{المقاومة}$$

$$= 2300 \div 230 = 10 \text{ أمبير}$$

ض ثانوى \times ش ثانوى

شدة التيار فى الابتدائى =

ض ابتدائى

$$10 \times 2300$$

$$100 \text{ أمبير} = \frac{23000}{230}$$

القدرة فى الثانوى = ض ثانوى \times ش ثانوى

$$23000 \text{ وات} = 10 \times 2300$$

القدرة فى الابتدائى = ض ابتدائى \times ش ابتدائى

$$23000 \text{ وات} = 100 \times 230$$

مثال لمحول خفض استنتاجى

محول خفض يعمل على ٢٠٠ فولت ويعطى ٧٥ فولت يغذى حمل

مقاومته ٣ أوم والمطلوب معرفة قيمة تيار الثانوى والابتدائى وقدرة هذا

المحول .

الحل

شدة التيار فى الثانوى = $75 \div 3 = 25$ أمبير .

$$25 \times 75$$

$$شدة التيار فى الابتدائى = \frac{1875}{200} = 9.375 \text{ أمبير}$$

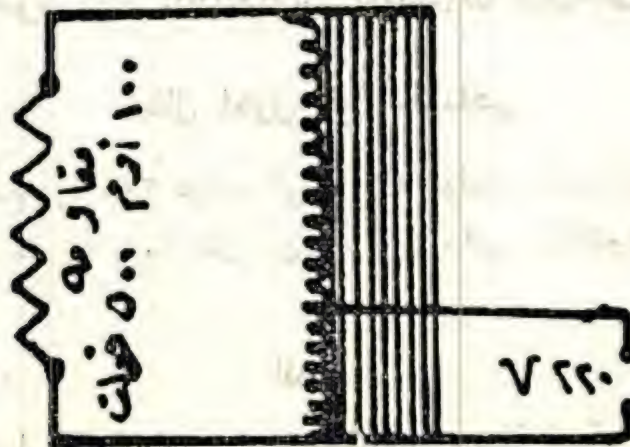
القدرة فى الثانوى = $25 \times 75 = 1875$ وات

القدرة فى الابتدائى = $9.375 \times 200 = 1875$ وات

مثال لمحول رفع نفسى

محول رفع نفسى من ٢٠٠ فولت الى ٥٠٠ فولت يغذى حمل مقاومته

١٠٠ أوم والمطلوب معرفة قيمة تيار الثانوى والابتدائى وقدرة هذا المحول .



الحل

$$\text{شدة التيار في الثانوى} = 100 \div 500 = 0.2 \text{ أمبير}$$

$$\text{شدة التيار في الابتدائى} = \frac{0.2 \times 500}{200} = 0.5 \text{ أمبير}$$

$$\text{القدرة في الثانوى} = (\text{ض ثانوى} - \text{ض ابتدائى}) \times \text{ش ثانوى}$$

$$= 5 \times (200 - 500) =$$

$$= 5 \times 300 = 1500 \text{ وات}$$

$$\text{القدرة في الابتدائى} = (\text{ش ابتدائى} - \text{ش ثانوى}) \times \text{ض ابتدائى}$$

$$= 200 \times (0.5 - 0.2) =$$

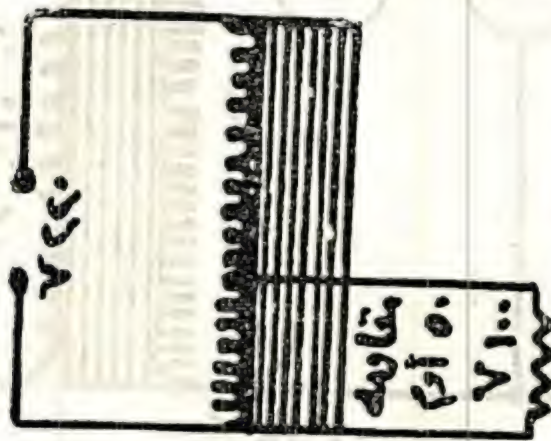
$$= 200 \times 0.3 = 60 \text{ وات}$$

مثال لمحول خفض نفسى

محول خفض يعمل على ٢٠٠ فولت ويعطى ١٠٠ فولت ويغذى حمل

مقاومته ٥٠ أوم والمطلوب معرفة قيمة تيار الثانوى والابتدائى وقدرة هذا

المحول .



٢٠٠

$$\text{شدة التيار في الثانوى} = 100 \div 50 = 2 \text{ أمبير}$$

$$2 \times 100$$

$$\text{شدة التيار في الابتدائى} = \frac{2 \times 100}{200} = 1 \text{ أمبير}$$

$$\text{للقدرة في الثانوى} = (\text{ش ثانوى} - \text{ش ابتدائى}) \times \text{ض ثانوى}$$

$$= 100 \times (2 - 1) =$$

$$= 100 \times 1 = 100 \text{ وات}$$

القدرة في الابتدائي = (ض ابتدائي - ض ثانوي) ش ابتدائي

$$= (٢٠٠ - ١١٠) ١$$

$$= ١٠٠ \times ١ = ١٠٠ \text{ وات}$$

ملاحظة: يراعى اختلاف تركيب قانون القدرة في الخفض عنه في حالة

الرفع في المحول النفسى وهذا ظاهر في المثالين السابقين

جودة المحول الكهربى

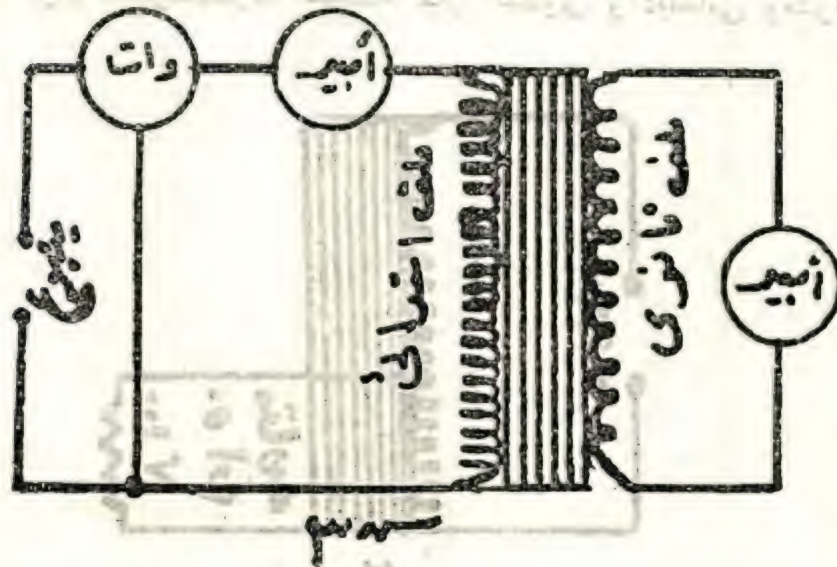
تتوقف جودة المحول على قيمة المفايد الموجودة به فكلما تمكنا من تقليل هذه المفايد تمكنا من رفع جودة المحول واذا بحثنا عن هذه المفايد نجدها

نوعان .

المفايد النحاسية:

عند حساب الجودة للمحول يجب اعتبار المقاومة المادية لسلك الملف حيث ان القدرة المفقودة في كل ملف تتناسب طرديا مع (مربع شدة التيار المار به \times مقاومته المادية) وهى (ش \times م) ويمكن التغلب عليها باستعمال سلك مقطع أكبر من الاصلى قليلا .

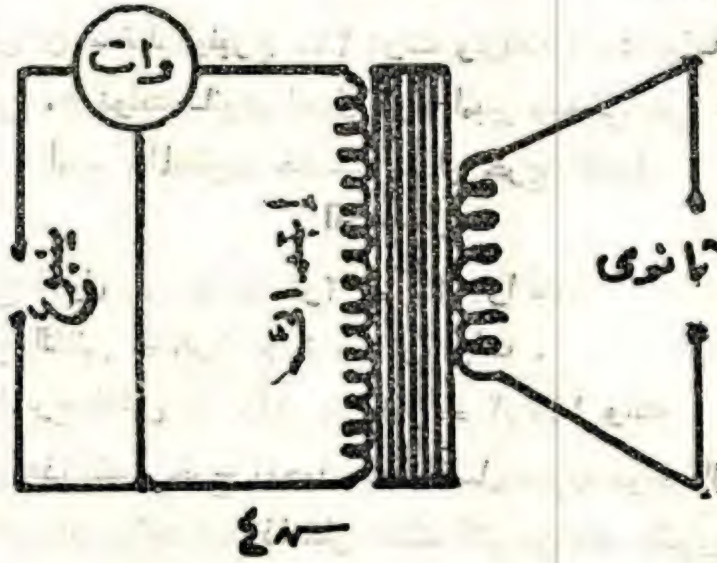
تحديد قيمة المفايد النحاسية



وصل طرفى الملف الابتدائى بالينبوع مع استعمال مقاومة تمكّنك من التحكم في قيمة ضغط الينبوع عند التغذية مع وضع جهاز أمبير وجهاز قدرة في دائرة الابتدائى كما هو موضح بالرسم ثم اقلل الملف الثانوى بجهاز أمبير ، ابدأ بتغذية الملف الابتدائى بقيمة صغيرة من الضغط حتى يصل التيار المار بالملف الثانوى الى قيمة تيار الحمل الكامل بالنسبة لقدرة المحول وبذلك يمر ايضا بالملف الابتدائى تيار الحمل الكامل وتكون قراءة جهاز القدرة تعبر عن قيمة المفايد النحاسية الموجودة في هذا المحول .

تحديد قيمة المفاقية الحديدية

تدخل المفاقيد الحديدية في حساب جودة المحول وهي المفاقيد الناتجة عن هروب بعض الخطوط المغناطيسية أو لنوعية الحديد المصنوع منه الرقائق وقيمة التيارات الاعضارية . والتعويق المغناطيسي الناتج من بقاء جزء من المغناطيسية في الرقائق الأمر الذي يسبب احتكاك ذرات الحديد أثناء انعكاس المجال .



في هذا الرسم الخاص بتحديد قيمة المفاقيد الحديدية يغذى الملف الابتدائي تغذية كاملة أى يوصل مباشرة بالنبوع وبقيمتة الطبيعية وبالتردد الذى يعمل عليه المحول مع وضع جهاز القدرة في دائرة الملف الابتدائي كما هو موضح بالرسم مع ترك دائرة الملف الثانوي مفتوحة حيث أن المفاقيد الحديدية في المحول تتوقف على المجال المغناطيسي وبذلك تكون قراءة جهاز القدرة عند التغذية هي قيمة المفاقيد الحديدية بالمحول .

علمنا سابقا أن المفاقد الموجودة في المحول هي مفاقيد نحاسية ومفاقيد حديدية وهي ليست كبيرة القيمة اذا كان تصميم وتصنيع المحول على جانب كبير من الاتقان وعلى هذا تكون جودة المحول هي مقدار نسبة الخرج الى الدخل في الماية .

الدخل = الخرج + المفاقيد النحاسية + المفاقيد الحديدية .

$$\text{الجودة} = \frac{\text{الدخل بالوات}}{\text{الخرج بالوات}} \times 100$$

البيان الخاص بحسابات لف المحولات

عند اختبار حديد المحول لابد أن يكون مقدار خرجة المغناطيسي يتناسب مع مقدار خرجة الكهربي والذي ينسب دائما الى الملف الثانوى .
مقدار الخرج الكهربي = $ض \times ش$ بالنسبة للثانوى
مقدار شدة التيار فى الابتدائى = الخرج \div $ض$ التغذية فى الابتدائى

مثال

نفرض أن ضغط الينبوع ٢٢٠ فولت وتردده (٥٠ ذبذبة) ويعمل عليه محول يعطى ٥٠ فولت ثانوى لحمل ٢٨ أمبير ويعطى ١٨ فولت ثانوى لحمل آخر ٤ أمبير والمطلوب حساب مقدار خرج المحول .

الحل

الخرج الأول = $٥٠ \times ٢٨ = ١٤٠$ وات .
الخرج الثانى = $١٨ \times ٤ = ٧٢$ وات .
∴ الخرج الكلى = $١٤٠ + ٧٢ = ٢١٢$ وات .
وعلى هذا يكون خرج المحول هو حاصل ضرب فولت الثانوى فى شدة تياره اذا كان ملف واحد أما اذا كان هناك أكثر من ملف ثانوى فيكون الخرج الكلى هو مجموع كل الخرج .

من هنا نجد أن طبيعة الينبوع لا دخل لها فى حسابات الخرج ولكن يجب أن يتناسب الملف الابتدائى مع خرج المحول ويحسب مقدار مساحة مقطع سلكه على أساس هذا الخرج وقيمة ضغط الينبوع .

عند حساب مساحة مقطع القلب الحديدى المراد استعماله لقدرة معينة نجد أن هذه المساحة متوقفة على كل من قدرة المحول وقيمة تردد الينبوع نجد أنه اذا زاد تردد الينبوع تقل مساحة مقطع القلب عند ثبات القدرة والعكس اذا نقص التردد زادت مساحة مقطع القلب الحديدى عند ثبات القدرة أيضا .

فى المحولات الكبيرة القدرة يقدر خرج المحول بالفولت أمبير وليس بلوات والسبب فى ذلك هو ، فى حالة المحولات وجميع الأجهزة التى تعمل على التيار المتغير يوجد عامل آخر يؤثر على القدرة وهو نوعية الحمل من حيث كونه مقاومة عادية أو ممانعة مغناطيسية أو استاتكة وهذا العامل يسمى (معامل القدرة) .

ولكن في أغلب الأحيان يكون الفرض الذي يعمل عليه المحول الصغير حتى قدرة واحد كليوات عبارة عن مقاومة مادية بحتة وعلى هذا يكون الخروج بالوات وهو الناتج من ضرب الفولت في الأمبير بالنسبة للملف الثانوى .

حساب مساحة مقطع السلك

لحساب مساحة مقطع سلك ملفات كل من الابتدائى والثانوى يجب التعرف على قدرة المحول وقيمة ضغط الابتدائى وقيمة ضغط الثانوى ثم من قيمة القدرة مقسومة على ضغط الابتدائى نتعرف على شدة التيار ومن قسمة القدرة على ضغط الثانوى نتعرف على شدة التيار وباعتبار كثافة التيار لكل مم² في المحولات هي ٤ أمبير تقريبا هنا يمكن من قسمة شدة تيار الابتدائى على كثافة التيار نحصل على مساحة مقطع السلك الخاص به ومن قسمة شدة تيار الثانوى على كثافة التيار نحصل على مساحة مقطعة ثم يعد ذلك من مساحة المقطع يمكن تحديد قطر السلك للابتدائى والثانوى .

حساب عدد اللفات

حساب عدد اللفات إما على أساس لفات الفولت الواحد أو على أساس لفات الملف كاملا حسب قيمة ضغطه ، ولحساب عدد لفات الفولت الواحد سواء للابتدائى أو الثانوى يدخل في حسابنا كل من تردد الينبوع ومساحة مقطع القلب الحديدى للمحول بالبوصة المربعة عند استعمال أبسط قانون وهو ذو الرقم الثابت لكل تردد .

الرقم الثابت عند تردد معين لحساب لفات الفولت الواحد .

- ١ — عند تردد قيمته ٢٥ ذبذبة الرقم الثابت المستعمل هو ١٤ .
- ٢ — عند تردد قيمته ٤٠ ذبذبة الرقم الثابت المستعمل هو ٨٧٥ .
- ٣ — عند تردد قيمته ٥٠ ذبذبة الرقم الثابت المستعمل هو ٧ .
- ٤ — عند تردد قيمته ٦٠ ذبذبة الرقم الثابت المستعمل هو ٥٨٥ .

طريقة تنفيذ القانون

أوجد أولا مساحة مقطع القلب الحديدى بالبوصة المربعة من حاصل ضرب سمك مجموعة الرقائق في عرض لسان الرقيقة الذى يدخل في بكرة الملف ، ثم يختار الرقم الثابت المتفق مع تردد الينبوع الذى سيعمل عليه المحول ، ثم من قسمة الرقم الثابت المختار على مساحة مقطع القلب الحديدى يكون الناتج هو عدد لفات الفولت الواحد سواء للملف الابتدائى أو للملف الثانوى .

ملاحظة :

— عند حساب مساحة مقطع قلب الحديدى لا تأخذ الناتج من عملية الضرب مباشرة لأنه لا يمثل المساحة الفعلية بل اضرب الناتج فى ٠.٩ . على أساس القلب كتلة مصمتة .

٢ — لا تقرب أو تحذف أى كسر من اللثة فى العملية الحسابية السابقة مهما كان صغيرا فى عدد لفات الفولت الواحد لأن له تأثير كبير عند حساب عدد اللفات الكلية للابتدائى والثانى .

مثال

محول يعمل على تيار متغير تردد ٥ . ذبذبة فاذا كان سمك مجموعة الرقائق ١.٥ بوصة وعرض لسان الرقيقة واحد بوصة أوجد عدد لفات الفولت الواحد .

الحل

الرقم الثابت لتردد ٥ . ذبذبة هو ٧ .

مساحة مقطع قلب الحديدى $= (1 \times 1.5) \times 0.9 = 1.35$ بوصة

مربعة .

عدد لفات الفولت الواحد $= 1.35 \div 7 = 0.1928$ لفة .

حساب عدد لفات الملف كامل

يختلف الوضع فى حساب عدد لفات الملف كاملا عن حساب عدد لفات الفولت الواحد من حيث الأرقام الثابتة وتقدير قيمة الفيض المغناطيسى حساب مقطع القلب حيث يكون بالسنتيمتر المربع بدلا من البوصة المربعة .

١ — الرقم الثابت المستعمل فى القانون هو 10.4×10^4 .

٢ — أوجد قيمة تردد الينبوع الخاص بتشغيل المحول .

٣ — قيمة ضغط الابتدائى والثانوى .

٤ — رقم ١٠٠٠٠ خط قيمة يمكن الأخذ بها لمقدار الفيض المغناطيسى لكل سنتيمتر مربع حتى قدرة ٣ كليوات ويمكن تحديد قيمة هذا الفيض من الملاحظة المقدمة لك فيما بعد .

طريقة تنفيذ القانون

أوجد أولا مساحة مقطع القلب الحديدى بالسنتيمتر المربع مع مراعاة الدقة فى القياس ثم اختبار قيمة الفيض المغناطيسى للوحدة المربعة ثم أوجد قيمة الفيض الكلى لهذا القلب .

ضغط الملف $\times 10^8$

$$\text{عدد لفات الملف} = \frac{\text{لفة}}{\text{عدد لفات الملف}} = \frac{\text{لفة}}{\text{عدد لفات الملف}} = \frac{\text{لفة}}{\text{عدد لفات الملف}}$$

$\times 444 \times$ التردد \times الفيض الكلي

مثال

محول يعمل على ينبوع ٢٠٠ فولت يتردد ٥٠ ذبذبة ويعطى ٢٥ فولت ثانوى فاذا كان سمك مجموعة الرقائق ٥ سم وعرض لسان الرقيقة ٥ سم أوجد عدد لفات الابتدائى والثانوى .

الحل

$$\text{مساحة مقطع القلب} = 5 \times 2 = 10 \text{ سم}^2$$

$$\text{قيمة الفيض الكلى} = 125000 \times 10 = 1250000 \text{ خط}$$

$$10 \times 200$$

$$\text{عدد لفات الابتدائى} = \frac{1250000}{10 \times 200} = 72.5 \text{ لفة}$$

$$10000 \times 5 \times 444$$

$$10 \times 25$$

$$\text{عدد لفات الثانوى} = \frac{1250000}{10 \times 25} = 90 \text{ لفة}$$

$$125000 \times 5 \times 444$$

ملاحظات هامة

من الشرح السابق والخاص بالمحولات يمكن استعمال القانون الخاص بعدد لفات الفولت الواحد بالنسبة للمحولات ذات اقدرة الصغيرة حتى واحد كيلوات مع مراعاة ان مساحة مقطع القلب الفعلية تقل عن المساحة المحسوبة بقليل ويمكن الاستعانة بالجدول الخاص لذلك حيث نجد مثلا ان القلب الذى مساحته واحد بوصة مربعة مساحته الحقيقية هي ٩ ر. بوصة مربعة وهكذا باقى المساحات وعلى هذا نجد عند حساب عدد لفات الملف الثانوى تزداد عدد لفاته بنسبة ٥٪ لتعويض الفقد فى حالة الحمل واللاحمل .

أما القانون الثانى والخاص بحساب عدد لفات الملف كاملا فيمكن استعماله بالنسبة للمحولات ذات القدرة من واحد كليوات الى ثلاثة كيلوات عند استعمال قيمة الفيض (١٠٠٠٠ خط) لكل سنتيمتر مربع وعند تردد قيمته من (٤٠ الى ٦٠ ذبذبة) .

أما المحولات من ثلاثة كيلوات الى ثمانية كيلوات يمكن استعمال قيمة الفيض (٨٥٠٠) واذا زادت القدرة أكثر من ذلك حتى ٢٠ كيلوات نجد ان عدد الخطوط المستعملة تصل الى (٦٠٠٠ خط) هذا ويجب مراعاة هبوط

الفولت في الملف الثانوى عند حساب عدد لفاته في حالة ما بين الحمل
اللاحمل ويمكن اعتبار هذا الهبوط بمقدار ٢٥٪ تضاف الى فولت
الثانوى .

وعلى هذا يمكن حساب عدد لفات الملف الثانوى كالآتى :

$$\frac{\text{عدد لفات الابتدائى} \times (\text{فولت الثانوى} + \text{مقدار الهبوط})}{\text{فولت الابتدائى}}$$

البيان الكامل لحساب المحول

يمكن تحديد قدرة أى مجموعة رقائى محولات دون الرجوع الى
الجداول الخاصة بذلك عن طريق القانون الآتى للمحولات ابتداء من ٥٠ رات
الى ٥ كيلوات وكذلك حساب قطر السلك اللازم لعمل الملفات .

حساب قدرة المحول

١ — أوجد مساحة مقطع القلب الحديدى بالسنتيمتر المربع مع الدقة
فى القياس .

٢ — أوجد مربع هذه المساحة ويكون الناتج هو قدرة المحول بالوات .

٣ — استعمل الفيض المغناطيسى المناسب للوحدة المربعة .

مثال

مجموعة رقائى محول فيها عرض اللسان ٢٥ سم وسمك مجموعة
هذه الرقائى ٥ سم والمطلوب معرفة قيمة قدرة هذا المحول .

الحل

$$\text{مساحة مقطع القلب الحديدى} = ٥ \times ٢٥ = ١٢٥ \text{ سم}^2$$

$$\text{مربع مساحة مقطع القلب} = ١٢٥ \times ١٢٥ = ١٥٦٢٥$$

∴ قدرة المحول يمكن اعتبارها ١٥٠ وات بدلا من ١٦٥٢ وات وهى فى

صالح المحول .

حساب قطر السلك

١ — أوجد شدة التيار فى الملف الابتدائى والملف الثانوى من القدرة
وضغط كل منهما .

٢ - استعمال الرقم الثابت (٠.٦٥)

∴ قطر السلك في الابتدائي = $0.65 \times \sqrt{\text{شدة تيار الابتدائي}}$ مم

∴ قطر السلك في الثانوى = $0.65 \times \sqrt{\text{شدة تيار الثانوى}}$ مم

هذا ويمكن استعمال الرقم (٤٥) مع مساحة مقطع القلب الحديدى بالسنتيمتر المربع فى حالة ايجاد عدد لفات الفولت الواحد وذلك بقسمة العدد (٤٥) على مساحة مقطع القلب .

نموذج كامل لمحول يراد لفه

مثال

مجموعة رقائق محول فيها عرض لسان القلب ٢.٥ سم وسـمك مجموعة الرقائق ٥ سم يراد تنفيذ محول من هذه الرقائق يعمل على ضغط ٢٢٠ فولت ويعطى ١١٠ فولت .

الحل

مساحة مقطع القلب الحديدى = $5 \times 2.5 = 12.5$ سم

∴ قدرة هذا المحول = $12.5 \times 12.5 = 156$ وات

عدد لفات الفولت الواحد = $45 \div 12.5 = 3.6$ لفة

عدد لفات الابتدائي = $220 \times 3.6 = 792$ لفة

عدد لفات الثانوى = $110 \times 3.6 = 396$ لفة

شدة التيار فى الابتدائي = $156 \div 220 = 0.7$ أمبير

شدة التيار فى الثانوى = $156 \div 110 = 1.4$ أمبير

∴ قطر سلك الابتدائي = $0.65 \times \sqrt{0.7}$

$0.65 \times 0.84 = 0.54$ مم .

∴ قطر سلك الثانوى = $0.65 \times \sqrt{1.4}$

$0.65 \times 1.18 = 0.77$ مم .

بهذا النموذج الكامل للقدرة وقطر السلك وعدد اللفات يمكن تنفيذ محول معلوم البيان من أى مجموعة رقائق .

نموذج آخر لحساب قدرة المحول

بهذا النموذج الكامل للقدرة وقطر السلك وعدد اللفات يمكن تنفيذ محول معلوم البيان من أى مجموعة رقائق .

من تجميع البيانات الآتية يمكن حساب قيمة القدرة لمحول وجه واحد .

١ - ف = عدد ذبذبات ضغط الينبوع المستعمل .

٢ - خ = عدد الخطوط المغناطيسية الكلية لمساحة مقطع القلب .

٣ - ل = عدد لفات الابتدائى أو الثانى .

٤ - ش = شدة التيار بالأمبير للابتدائى ١ والثانوى .

مع ملاحظة عند الأخذ فى البند ٣ بعدد لفات الابتدائى نأخذ فى البند رقم ٤ بشدة تيار الابتدائى وهكذا إذا أخذنا بالثانوى .

$$\text{قيمة القدرة} = \frac{٤٤٤ \times ف \times خ \times ل \times ش}{١٠٠٠ \times ٨١} = \text{كيلو فولت أمبير}$$

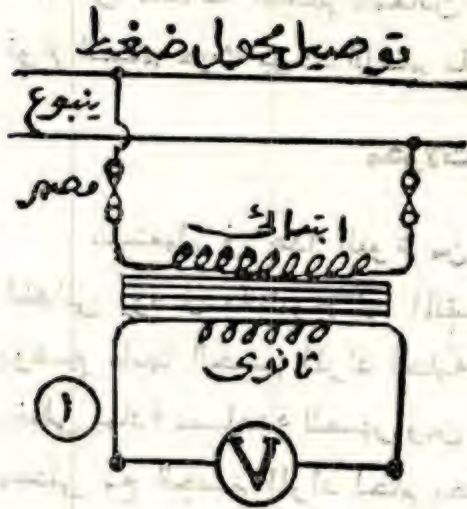
وإذا طبقنا القانون بالنسبة للنموذج السابق لوجدنا القدرة فى النموذجين متقاربة جدا وعلى هذا يكون حساب القدرة للمثال السابق هو :

$$١ - \text{قيمة الفيض المغناطيسى الكلى لمساحة مقطع القلب} = ١٢٥٠٠٠ \times ١٠٠٠٠ = ١٢٥٠٠٠ \text{ خط}$$

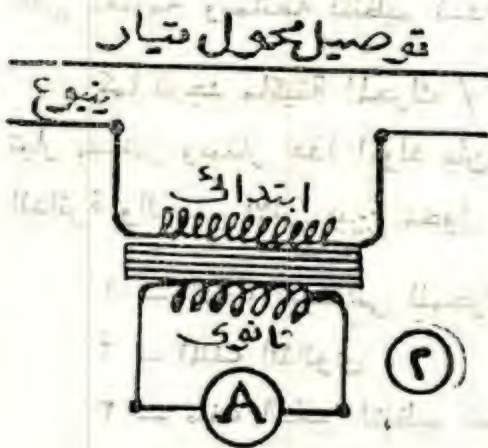
$$٢ - \text{قيمة القدرة} = \frac{٧ \times ٧٩٢ \times ١٢٥٠٠٠ \times ٥٠ \times ٤٤٤}{١٠ \times ١٠٠٠ \times ٨١ \times ١٠٠} = ١٥٤ \text{ كيلو فولت أمبير}$$

وإذا قورنت القدرة فى المثال السابق نجدها ١٥٦ ر. كيلوفولت أمبير .

محولات التيار

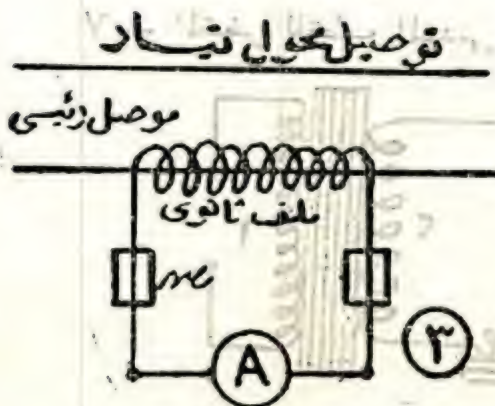


يستعمل محول التيار في الدوائر الكهربائية التي تكون فيها شدة التيار عالية بالنسبة للأجهزة الخاصة بقياسها مثل الأمبيرمترات فيمكن بواسطة هذا المحول خفض قيمة شدة التيار بمقدار يناسب أجهزة القياس .



ويتركب هذا النوع من المحولات من ملف ابتدائي بعدد لفات قليلة وذات مقطع كبير يتناسب مع تيار الحمل الكامل في الدائرة الرئيسية كما يوجد ملف ثانوي بعدد لفات كثيرة وذات مساحة مقطع صغيرة مناسبة لشدة التيار المنخفضة وهو التيار الواصل لجهاز القياس .

هذا ويصل الملف الابتدائي في هذا النوع بالتوالي مع المينوع كما هو موضح بالرسم (٢) وتوصل أجهزة القياس بالملف الثانوي .



هناك نوع آخر من محولات التيار ويستعمل لقياس شدة التيار في القضبان الرئيسية ولها تركيب خاص يختلف عن النوع السابق ذكره حيث نجد أن الموصل الرئيسي يمثل الملف الابتدائي للمحول أما الملف الثانوي عبارة عن عدد من اللفات على الموصل وطرفي الملف الثانوي توصل بنقطتي جهاز القياس كما هو موضح بالرسم (٣) .

محولات اللحام

في ماكنات اللحام للمعادن نجد أن الماكينة المستعملة تكون حسب نوع اللحام حيث يوجد اللحام بالقوس الكهربى واللحام بالنقطة .

محولات بالقوس الكهربى

يستعمل في هذا النوع من اللحام محول كهربى وجه واحد له ملف ابتدائى يوصل بالينبوع أما الملف الثانوى يوصل أحد طرفيه بقاعدة حديد يوضع عليها الجسم المراد لحامه ويوصل الطرف الثانى بقطب اللحام الذى يغطى بمادة مساعدة للصهر ومن تلامس قطب اللحام وهو عبارة عن قضيب معدنى مع الجسم المراد لحام يحدث قصر فى الدائرة ويزداد القوس المعدنى قليلا عن الجسم تحدث حرارة القوس الكهربى .

هذا ويمكن استعمال محول ثلاثة أوجه لهذه العملية بحيث يحتوى على مقاومة وممانعة لتنظيم شدة التيار المستعملة .

كما توجد ماكينة المحرك / المولد وهى عبارة عن محرك يدبر مولد تيار مستمر ويمتاز هذا المولد بأن عضو استنتاجه يتحمل القصر المستمر فى الدائرة والرسم الآتى يبين محول وجه واحد مسعمل فى عملية اللحام :

١ — الملف الابتدائى للمحول .

٢ — الملف الثانوى .

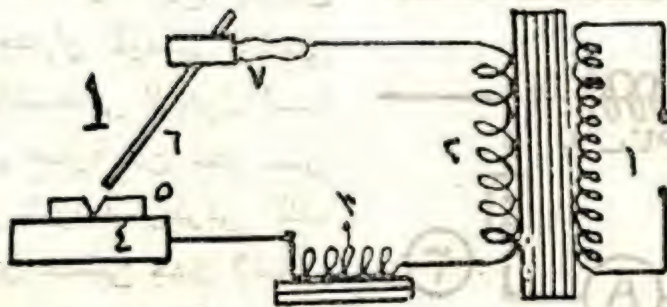
٣ — ملف التأثير لتنظيم شدة التيار .

٤ — القاعدة الحديد .

٥ — الجسم المراد لحامه .

٦ — القطب المعدنى .

٧ — المقبض للقطب المعدنى .



لحام النقطة

تستعمل هذه الطريقة بدلا من طريقة البرشام بالمسامير وهى إحدى طرق اللحام بالمقاومة ويستعمل فيها محول كهربى .

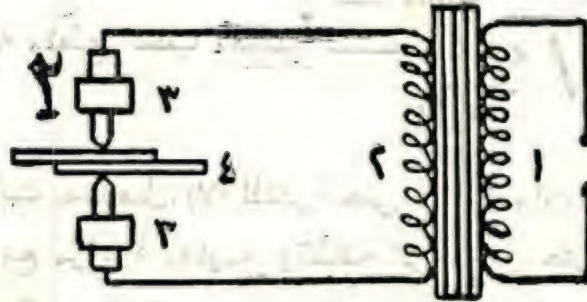
يوصل طرفى الملف الابتدائى بالينبوع أما طرفى الثانوى يوصلا بزنبقتين كل منهما لها دليل محورى (فتيل) لتقريب أو إبعاد المسافة بينهما ويوضع بينهما الجسمين المراد لحامهما ويضغط الزنبقتين على الجسمين يحدث القصر ثم يحدث الاندماج بين المعدنين .
الرسم يوضح ماكينة لحام بالبرشام بالنقطة .

١ — الملف الابتدائى للمحول .

٢ — الملف الثانوى .

٣ — الزنبقتين .

٤ — المعدن المراد لحامه .



في المحولات الخاصة بلحام الواح ذات سمك كبير ونظرا لارتفاع درجة الحرارة فى طرفى الملف الثانوى لارتفاع شدة التيار تتم عملية تبريد بالمياه عن طريق مواسير حول طرفى الثانوى .

محولات الثلاثة أوجه

تتكون محولات الثلاثة أوجه من ثلاثة (قوائم) قلوب حديدية تصنع من رقائق من الصلب ويركب على كل من هذه القلوب الثلاثة ملف التغذية (الابتدائى) وملف الاستنتاج (الثانوى) إذا كان نوع المحول استنتاجى أو توضع ملفات جميع ما بين الابتدائى والثانوى إذا كان من النوع النفسى .

نظرا لتواجد ثلاثة ملفات كل من الابتدائى والثانوى وفى حالة التغذية يكون ينبوع له ثلاثة أطراف يجب أيضا أن نحول الأطراف الستة للملفات

الثلاثة الى ثلاثة اطراف اما بطريقة النجمة أو الدلتا وذلك حسب ما هو مبين في الطرق الآتية :

- ١ - توصيل ملفات الابتدائي والثانوى نجمة .
- ٢ - توصيل ملفات الابتدائي والثانوى دلتا .
- ٣ - توصيل ملفات الابتدائي نجمة وملفات الثانوى دلتا .
- ٤ - توصيل ملفات الابتدائي دلتا وملفات الثانوى نجمة .

حساب محول ثلاثة أوجه

عند حساب مساحة مقطع القلب الواحد يكون على أساس $\frac{2}{3}$ القدرة الكلية للمحول أى اذا كان المحول قدرته مثلا ٣٠٠٠ كيلو وات فان كل قائم (قلب) يصمم على أنه يختص بقدرة مقدارها $3000 \times \frac{2}{3} = 2000$ كيلو وات أما في حساب الدائرة الكهربائية فقدرة كل قائم $= \frac{1}{3}$ القدرة الكلية .

$$\therefore \text{مساحة مقطع القلب بالبسم}^2 = \frac{\text{عدد ثابت}}{\sqrt{3}} \times \frac{\text{القدرة في القائم}}{\text{التردد}}$$

والعدد الثابت يستعمل (٧) للقدرة حتى ١٠٠٠ وات والعدد (٩) للقدرة اكبر من ذلك . مع مراعاة مقاومة ونظافة الرقائيق حتى يكون المفقود في الحديد أقل ما يمكن .

حساب القدرة للمحول

لحساب قدرة محول ثلاثة أوجه نستعمل البيانات الآتية :

- ١ - عدد ذبذبات ضغط الينبوع وهى ف .
- ٢ - قيمة الخطوط المغناطيسية الكلية وهى خ .
- ٣ - عدد الملفات فى الابتدائي أو الثانوى وهى ل .
- ٤ - شدة التيار فى الابتدائي أو الثانوى وهى ش .
- ٥ - قيمة جذر ثلاثة وهى ١.٧٣٢ .
- ٦ - الرقم الثابت ٤٤٤ ، ١٠ ، ٨ ، ١٠٠٠ .

$$444 \times \text{ف} \times \text{خ} \times \text{ل} \times \text{ش} \times 1.732$$

القدرة لمحول ثلاثة أوجه =

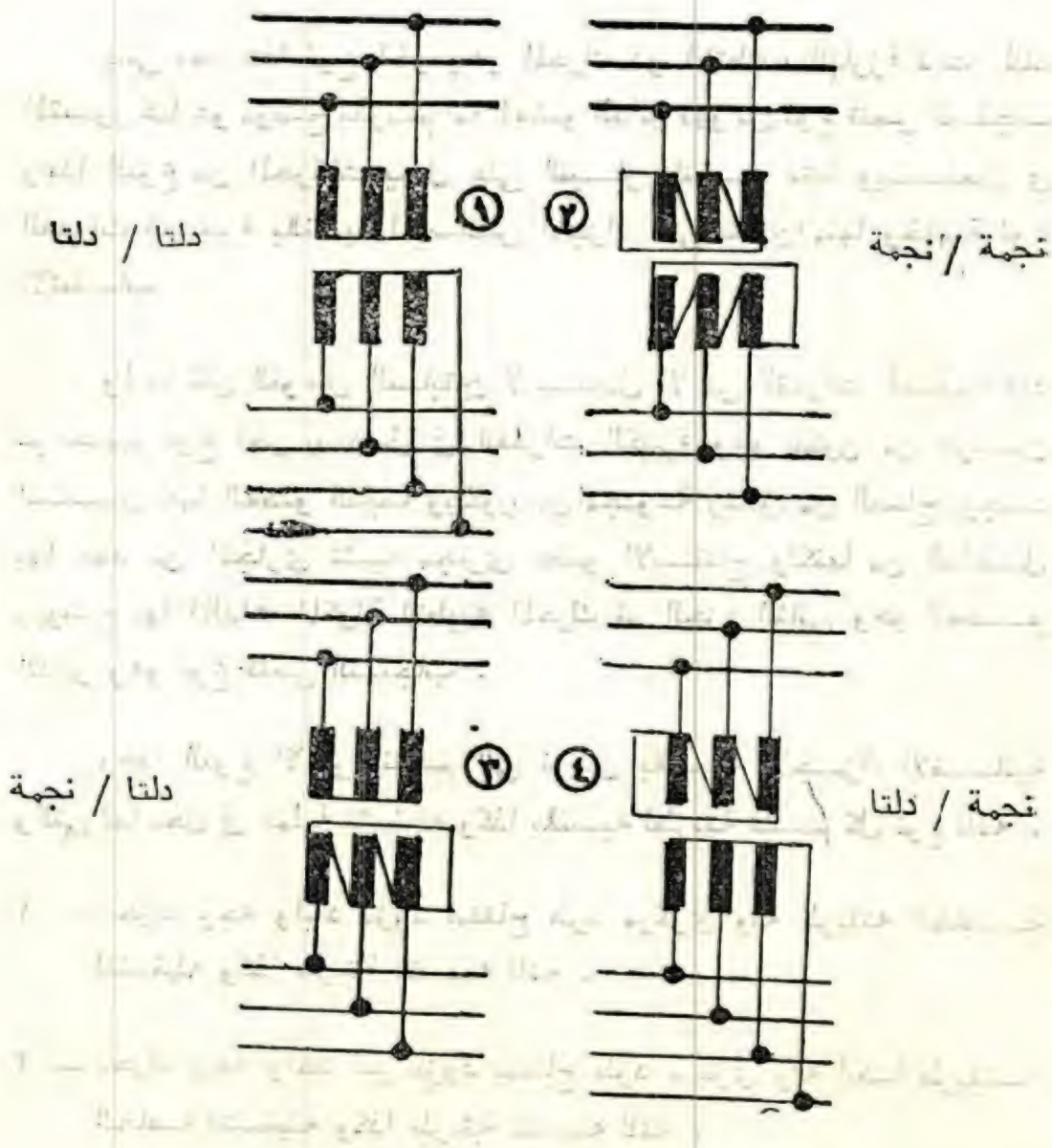
$$1000 \times 8$$

= كيلو فولت أمبير .

بالنسبة لعدد الف نستعمل القانون الآتى :

$$\text{الفولت} = \frac{44 \times \text{الذبذبة} \times \text{قيمة الفيض المغناطيسى} \times \text{عدد اللغات}}{10^8}$$

في القانون السابق اذا كان الفولت هو فولت الابتدائى يكون عدد اللغات ابتدائى اذا كان خاص بالثانوى كانت عدد اللغات للثانوى .
اما مساحة مقطع السلك فهى تحسب على اساس قدرة المحول وشدة وضغط كل من الابتدائى والثانوى .



محركات التيار المتغير

محرك الوجه الواحد

تختلف أنواع محركات التيار المتغير التى تعمل على تيار ذو وجه واحد فمنها المحرك العام (يونيفرسال) وهذا المحرك يعمل على كل من التيار المستمر والمتغير حيث يتكون من أجزاء تشبه أجزاء محركات التيار المستمر وهى العضو الدائر عضو استنتاج كامل من حيث الرقائق والمجارى والملفات وعضو التوزيع بالاضافة الى الأقطاب البارزة والمصنوعة من رقائق وعليها الملفات وكذا الفرش الكربونية ، وهذا النوع يستعمل كثرة فى محركات ماكينات الخياطة والخلاط وبعض المراوح الصغيرة .

يأتى بعد هذا نوع آخر وهو المحرك ذو الأقطاب البارزة ذات الملف المقصور كما هو موضح بالرسم أما العضو الدائر فهو من نوع قفص السنجاب وهذا النوع من المحركات يعمل على التيار المتغير فقط ويستعمل فى القدرات الصغيرة بالنسبة لخصائص الأجزاء التى يتكون منها وخاصة نوع الأقطاب .

ولما كان النوعين السابقين لا يستعمل الا فى القدرات الصغيرة فقد تم تصميم نوع آخر يستعمل فى القدرات الكبيرة وهو يتكون من جزئين أساسيين هما العضو الثابت ويتكون من مجموعة رقائق من الصاج يوجد بها عدد من المجارى تشبه مجارى عضو الاستنتاج ولكنها من الداخل ويوضع بها الملفات المكونة لتطبيه المحرك ثم الجزء الثانى وهو العضو الدائر وهو نوع قفص السنجاب .

وهذا النوع الآخر ينقسم الى نوعين بالنسبة للأجزاء الاضافية والتى لها دخل فى عملية تشغيله وكذا بالنسبة لطريقة تقسيم كل نوع للفه .

١ — محرك وجه واحد مزود بمفتاح طرد مركزى وله طريقته الخاصة لتشغيله وكذا طريقة تقسيمه للفه .

٢ — محرك وجه واحد غير مزود بمفتاح طرد مركزى وله أيضا طريقته الخاصة لتشغيله وكذا طريقة تقسيمه للفه .

المحرك المزود بمفتاح طرد مركزي

نوعيات هذا المحرك المزود بمفتاح طرد مركزي كثيرة ونذكر منها الآتى :

- ١ — محرك غير مزود بمكثف .
- ٢ — محرك مزود بمكثف .
- ٣ — محرك يشترك فيه مجارى تقويم مع تشغيل فى مجرى أو أكثر تحت كل قطب .
- ٤ — محرك مزود بمكثفين .

جميع هذه المحركات تقسم فيها عدد مجارى المحرك على أساس $\frac{2}{p}$ المجارى لللفات التشغيل $\frac{1}{p}$ المجارى لللفات التقويم .

١ — المحرك الغير مزود بمكثف : فى هذا المحرك حيث تكون مساحة مقطع سلك التشغيل كبيرة ومقاومتها صغيرة ومساحة مقطع سلك التقويم صغيرة ومقاومتها كبيرة الأمر الذى ينتج عنه مجالين بينهما زاوية وجه الا اننا نجد أن قيمة هذه الزاوية اقل من ٩٠ درجة وعلى هذا يكون عزم بدء الدوران ضعيف ولكنه كافيا لتشغيل المحرك عند تغذيته بالتيار بدون حمل ويرجع هذا للنسبة اختلاف مقاومة وممانعة نوعى الملفات (تشغيل وتقويم) . لذا نجد هذا المحرك تكون فيه شدة التيار كبيرة عند بدء التشغيل حتى ينفصل التقويم .

٢ — المحرك المزود بمكثف : ويسمى بالمحرك السعوى السبدء وفيه يوصل المكثف المناسب لقدرة المحرك بالتوالى مع ملفات التقويم فيعمل هذا المكثف على جعل تيار ملفات التقويم يسبق تيار الينبوع وهنا نحصل على مجال دائرى منتظم أكثر من النوع الغير مزود بمكثف كما نجد أن زاوية الوجه يحدث بها تحسن حيث تصل الى ما يقرب من ٩٠ درجة وهنا نحصل على عزم بدء دوران اكبر مع شدة تيار اقل مع ملاحظة أن استعمال المكثف فى هذا المحرك يتبعه تغير فى مساحة مقطع سلك ملفات التقويم بالنسبة لمساحة مقطع السلك فى المحرك الغير مزود بمكثف مع الاحتفاظ بعدد اللفات لذا نجد أن هذا المحرك اذا استبعد منه المكثف أو اذا حدث له تلف نجد المحرك عند تغذيته بالتيار لا يشتغل ولا بد من تغييره بأخر سليم .

٣ — المحرك الذى تشترك فيه ملفات التقويم مع ملفات التشغيل فى مجرى واحدة أو أكثر من مجرى تحت كل قطب تشغيل مع تواجد مجارى ملفات مستقلة للتشغيل والتقويم وعملية الاشراك هى أيضا وسيلة لتحسين زاوية الوجه وبالتالي تحسين عزم بدء دوران حتى تنفصل ملفات التقويم .

٤ — المحرك المزود بمكثفين : فى هذا المحرك نجد مكثفين احدهما كبير السعة وهو مكثف بدء ومكثف سعته صغيرة وهو مكثف تشغيل والمكثفين متصلين بالتوازي مع بعضها مع ملاحظة أن سعة المكثف الكبيرة تقرب من أربعة اضعاف السعة الصغيرة وذلك للحصول على عزم بدء دوران ذو درجة عالية — أما عن التوصيلات فى هذا المحرك نجدها تختلف عن الموجودة فى المحركات السابقة لأننا نجد أن المكثف ذو السعة الكبيرة هو المتصل بمفتاح الطرد المركزى وهو الذى يتفصل عندما يأخذ المحرك سرعته وتبقى ملفات التقويم متصلة بالتوالى مع المكثف ذو السعة الصغيرة متصلين بالتوازي وبالتوازي مع ملفات التشغيل .

والرسومات الآتية تبين الوضع فى الأنواع الأربعة السابق ذكرها .

تقسيم المحرك المزود بمفتاح طرد مركزى

قبل أن نتكلم عن خطوات التقسيم يجب توضيح الآتى :

يوجد فى هذا المحرك نوعين من الملفات الأولى وهى الأساسية وتسمى بمفات التشغيل وهى تحمل تيار الحمل وتحسب من حيث مساحة مقطع السلك وعدد لفات كل ملف على أساس قدرة سرعة المحرك وكذا ضغط وتردد التيار الذى يعمل عليه هذا المحرك .

والملفات الثانية وهى اضافية وتسمى بملفات التقويم أو البدء أو المساعدة وهى خاصة بتقويم المحرك من السكون الى الحركة وتحسب من حيث مساحة مقطع السلك وعدد لفات كل ملف على أساس عزم بدء الدوران .

ونظرا لتشغيل هذا المحرك على تيار متغير وجه واحد نجد اذا وضعت ملفات التشغيل فقط لا يحدث دوران تلقائى الا اذا حركنا العضو الدائر

بأى وسيلة خارجية لذا وضعت ملفات التقويم لتقوم بعمل هذه الوسيلة الخارجية وتحرك العضو الدائر عند تغذية المحرك بالتيار والسبب في ذلك هو عدم وجود زاوية وجه للتيار ذو الوجه الواحد فبوضع التقويم تعمل على خلق وجه آخر من الوجه الأصلي فتتواجد زاوية وجه بينها مقدارها ٩٠ درجة تقريبا فيتواجد عزم الدوران ويتحرك العضو الدائر .

ولكى تقوم ملفات التقويم بعملها وإيجاد زاوية الوجه المطلوبة والتي يترتب عليها تواجد عزم بدء الدوران لابد أن تختلف ملفات التقويم عن ملفات التشغيل في الآتي :

- ١ — عدد مجارى كل منهما .
 - ٢ — مساحة مقطع سلك كل منهما .
 - ٣ — عدد لفات ملف كل منهما .
- بالإضافة الى تواجد المكثف في بعض الحالات ومتصل مع ملفات التقويم .
- بهذه الاختلافات بين التشغيل والتقويم تتواجد زاوية الوجه اللازمة لدوران العضو الدائر .

خطوات التقسيم

- ١ — معرفة سرعة المحرك التى منها يمكن تحديد عدد أقطاب المحرك .
- ٢ — معرفة عدد المجارى الكلية للمحرك .
- ٣ — تحديد عدد مجارى ملفات التشغيل على أساس $\frac{2}{3}$ مجارى المحرك .
- ٤ — تحديد عدد مجارى ملفات التقويم على أساس $\frac{1}{3}$ المحرك .
- ٥ — تحديد عدد مجارى كل قطب من أقطاب التشغيل من قسمة عدد مجارى التشغيل ÷ عدد أقطاب المحرك .
- ٦ — تحديد عدد مجارى كل قطب من أقطاب التقويم من قسمة عدد مجارى التقويم ÷ عدد أقطاب المحرك .
- ٧ — نوعية اللف في هذا المحرك اختبر لف الجانب الواحد في الجرى .
- ٨ — نوعية الخطوة اختبر في هذا المحرك الخطوة المتداخلة ذات الجناحين .
- ٩ — مقدار الخطوة : نظرا لتواجد أكثر من متداخلة فعلينا أولا معرفة خطوة الملف الأصغر .

نجد دائما أن عدد مجارى قطب التقويم تقع في وسط ملفات قطب التشغيل ومن هذا الوضع يمكن معرفة قيمة خطوة الملف الأصفر للتشغيل ثم باقى الملفات .

(أ) خطوة الملف الأصفر تشغيل = عدد مجارى قطب التقويم + ٢ = مجرى

(ب) خطوة الملف الثانى تشغيل = خطوة الملف الأصفر + ٢ = مجرى

وهكذا لباقى الملفات اذا كان هناك ثالث تكون خطوته الثانى زائد اثنين أما خطوة ملفات التقويم فهى عكس التشغيل لاننا سناخذ بعدد مجارى قطب التشغيل زائد اثنين للملف الأصفر ثم باقى الملف بعد ذلك بزائد مجرتين للخطوة السابقة .

مثال لتقسيم محرك

محرك وجه واحد العضو الثابت يحتوى على ٢٤ مجرى يعطى سرعة ١٤٥٠ لفة / دقيقة يراد تقسيمه لاعادة لفة مع رسم الانفراد لتوضيح الأنواع الثلاثة الغير مزود بمكثف والذي تشترك فيه لفات التقويم مع لفات التشغيل .

- ١ — سرعة المحرك = ١٤٥٠ لفة/دقيقة = ٤ أقطاب
- ٢ — عدد مجارى الكلية = ٢٤ مجرى .
- ٣ — عدد مجارى التشغيل الكلية = $24 \times \frac{1}{2} = 12$ مجرى
- ٤ — عدد مجارى قطب التشغيل = $12 \div 4 = 3$ مجرى
- ٥ — عدد مجارى التقويم الكلية = $24 \times \frac{1}{3} = 8$ مجرى
- ٦ — عدد مجارى قطب التقويم = $8 \div 4 = 2$ مجرى
- ٧ — نوع الملف جانب واحد مع قسمة ملفات التشغيل نصفين أى جناحين لتنسيق الملفات .

٨ — نوع الخوة متداخلة .

٩ — خطوة الملف الأصفر = عدد مجارى قطب التقويم + ٢

$$= 2 + 2 = 4 \text{ مجرى}$$

١٠ — خطوة الملف الثانى = خطوة الملف الأصفر + ٢ = $4 + 2 = 6$ مجرى

أو على أساس خطوة الملف الأكبر = عدد مجارى المحرك ÷ عدد الأقطاب

$$= 24 \div 4 = 6 \text{ مجرى}$$

∴ خطوة الملف الأصفر = خطوة الأكبر - ٢ = $6 - 2 = 4$ مجرى

طريقة تقسيم أخرى لتحديد عدد مجارى قطب التشغيل والتقويم :

عدد مجارى القطب الكامل = عدد مجارى المحرك ÷ عدد الأقطاب .

$$= 24 \div 4 = 6 \text{ مجرى}$$

∴ عدد مجارى قطب التشغيل = عدد مجارى القطب الكامل $\times \frac{2}{3}$

$$= \frac{2}{3} \times 6 = 4 \text{ مجرى}$$

∴ عدد مجارى قطب التقويم = عدد مجارى القطب الكامل $\times \frac{1}{3}$

$$= \frac{1}{3} \times 6 = 2 \text{ مجرى}$$

توصيل الملفات

بعد استكمال وضع جميع ملفات التشغيل وملفات التقويم تنفذ بعد ذلك عملية توصيل مجموعات ملفات التشغيل مع بعضها بالتوالى مع مراعاة دخول وخروج التيار الكهربى فى كل مجموعة وذلك لتكوين القطبية المختلفة التى يتكون منها عدد أقطاب المحرك وهكذا بالنسبة لملفات التقويم مع ملاحظة أن أى مجموعة ملفات يقع جانبها الأول تحت قطب ويقع جانبها الآخر تحت قطب آخر مخالف .

بعد تنفيذ جميع المعلومات السابق شرحها يبقى تجهيز أطراف توصيل المحرك على التيار وهذه العملية لها وضعان بالنسبة لطرفى ملفات التشغيل وطرفى ملفات التقويم وطرفى الطرد المركزى وطرفى المكثف إذا وجد .

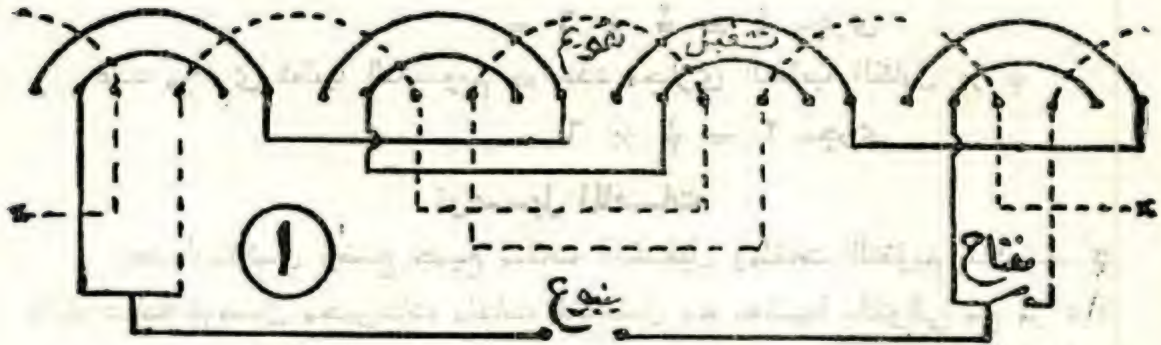
أولا — إذا كان المحرك مزود مكثف نجد أن ملفات التقويم تتصل بالتوالى مع المكثف ومع المفتاح الخاص بقطع التيار سواء كان من نوع الطرد المركزى أو نوع آخر كما تتصل هذه المجموعة بأكملها بالتوازي مع طرفى التشغيل والتيار .

ثانيا — إذا كان المحرك بدون مكثف نجد ملفات التقويم تتصل بالتوالى مع مفتاح الطرد المركزى أو مع مفتاح عادى وكمرى أو مفتاح قلاب ثم بالتوازي هذه المجموعة مع ملفات التشغيل والتيار .

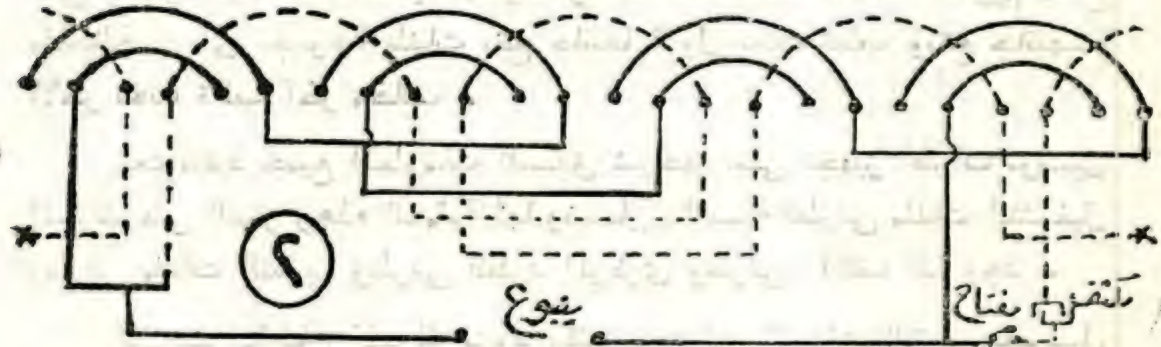
هذا ويمكن عكس حركة دوران المحرك عن طريق عكس اتجاه سير التيار الكهربى أما فى ملفات التقويم وأما فى ملفات التشغيل بحيث تكون قطبية التقويم متقدمة أو متأخرة ولذلك نجد عند توصيل مجموعات ملفات التشغيل وتوصيل مجموعات ملفات التقويم عدم الارتباط بينهما من حيث سير التيار وتكوين القطبية والرسومات الآتية توضح هذا .

ملاحظة : إذا كان عدد مجموعات ملفات أقطاب التشغيل تساوى عدد أقطاب المحرك أى إذا كان مثلا عدد مجموعات الملفات أربعة وعدد الأقطاب أربعة يكون توصيل المجموعات مع بعضها بطريقة توصيل نهاية المجموعة الأولى مع نهاية المجموعة الثانية وبداية الثانية مع بداية الثالثة وهكذا نهاية مع نهاية وبداية مع بداية أما إذا كان عدد المجموعات نصف عدد الأقطاب كون التوصيل نهاية الأولى مع بداية الثانية وهكذا مع باقى المجموعات .

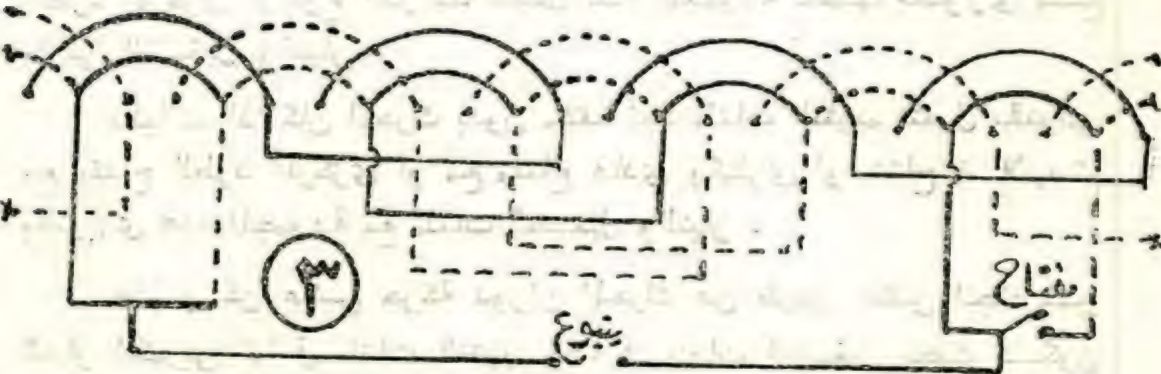
الحالات الأربعة لمحرك بهفتاح طرد



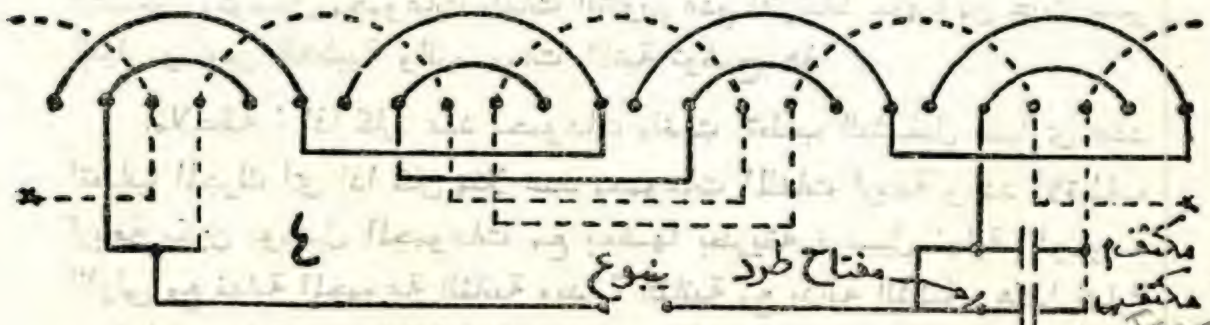
محرك بدون مكثف



محرك مزود بمكثف



محرك تشترك فيه ملفات التقويم مع التشغيل

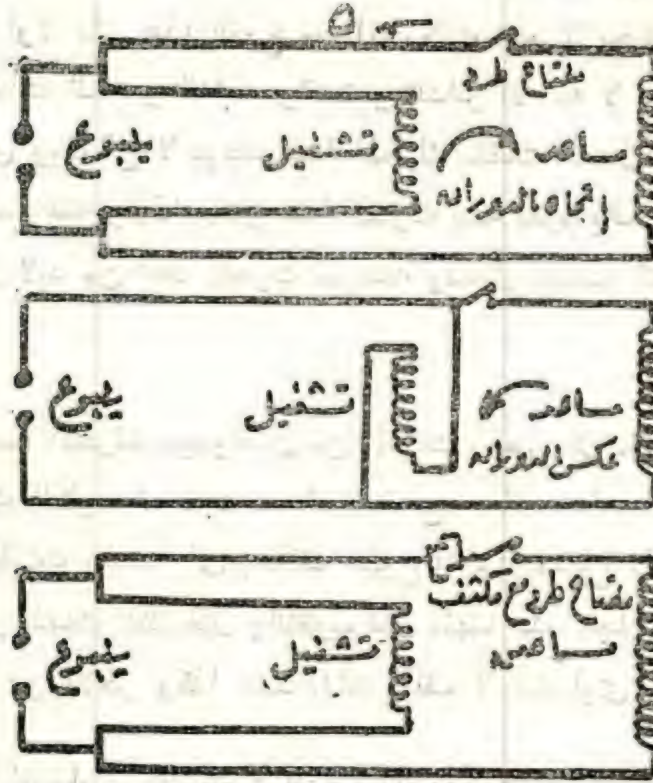


محرك تشترك فيه ملفات التقويم مع التشغيل

محرك تشترك فيه ملفات التقويم مع التشغيل

عكس اتجاه الدوران لحرك مزود بمفتاح طرد مركزي

ويمكن تنفيذ هذا إما عن طريق عكس سير التيار في ملفات التقويم أو عكس سير التيار في ملفات التشغيل .



ملاحظة هامة : في بعض محركات الوجه الواحد المزودة بمفتاح طرد مركزي يحدث عدم التقيد بقيمة $\frac{1}{2}$ المجارى للتشغيل ، $\frac{1}{2}$ المجارى للتقويم فمثلا اذا كان المحرك ٢٤ مجرى ٦ قطب يكون $\frac{1}{2}$ المجارى ١٦ مجرى تشغيل ، $\frac{1}{2}$ المجارى ٨ مجرى للتقويم وعند حساب عدد مجارى قطب كل من التشغيل والتقويم يكون عدد مجارى قطب التشغيل = $16 \div 6 = 2\frac{2}{3}$ مجرى والتقويم $8 \div 6 = 1\frac{1}{3}$ مجرى وتصريف هذا الوضع يكون برفع عدد ٢ مجرى من مجارى التقويم فتصبح ٦ مجرى وازادتها الى مجارى التشغيل فتصبح ١٨ مجرى وعلى هذا يكون قطب التشغيل ٣ مجرى والتقويم مجرى واحدة ولضبط زاوية الوجه اما ان نضيف مكثف للتقويم أو نشرك عدد من الملفات للتقويم مع التشغيل في مجرى أو أكثر تحت كل قطب أو نرفع مساحة قطع سلك التقويم وفي هذه الحالة يكون في بعض الحالات مساحة مقطع التقويم اكبر من التشغيل مع ملاحظة أنه يترتب على هذه التعديلات عمل حسابات جديدة لكل من التشغيل والتقويم للملفات .

تفسيـم المحرك الغير مزود

بمفتاح طرد مركزي

نتعرف أولا على هذا النوع من المحركات فهو لا يختلف عن الأنواع السابقة من ذات العضو الثابت والعضو الدائر الا أنه لا يحتوى على مفتاح الطرد المركزي وبالتالي لا يوجد بهذا المحرك ملفات تفصل عن التيار عندما يأخذ المحرك سرعته ولهذا يمتاز هذا المحرك بأنه يقوم بالحمل مباشرة عكس النوع السابق لابد من اخذ المحرك سرعته وفصل ملفات التقويم ثم يحمل يتحمل .

يوجد بهذا المحرك مجموعتين من الملفات يخص كل مجموعة نصف عدد مجارى المحرك الكلية كما نجد مساحة مقطع سلك ملفات المجموعتين واحد وعدد لفات الملفات واحدة أى بخلاف النوع المزود بمفتاح طرد مركزي الذى نجد فيه كل من ملفات التشغيل والتقويم لكل منهما عدد مجارى محدد ومساحة مقطع تختلف عن الآخر وكذا عدد لفات الملف لا تتساوى بين الاثنتين .

بالنسبة لتساوى كل شئ للمفات المجموعتين وللحصول على زاوية وجه عند بدء دوران المحرك نجد لابد من تزويد هذا المحرك بمكثف يوضع بالتوالى مع مجموعة من المجموعتين مع مراعاة أن يكون المكثف مناسب لقدرة المحرك والضغط الذى يعمل عليه كما يمكن عكس اتجاه دوران المحرك عن طريق نقل المكثف من مجموعة الى المجموعة الأخرى فيعمل على تغيير الزاوية من تقديمه الى تأخيره أو العكس .

هناك بعض محركات من هذا النوع نجد سلك ملفات أحد المجموعتين يختلف عن سلك ملفات المجموعة الأخرى بنسبة ٥ ٪ نقص فى مساحة مقطع السلك مع ٥ ٪ زيادة فى عدد اللفات ويعتبر هذا زيادة فى عملية المكثف الخاصة بضبط زاوية الوجه بين ملفات المجموعتين لذا نجد اتصال المكثف يكون مع مجموعة الملفات المختلفة فى مساحة مقطع السلك وعدد الملفات وعلى هذا يكون وضع المكثف ثابت ولا يجوز نقله الى المجموعة الأخرى لتغيير اتجاه الدوران .

مثال لتقسيم محرك غير مزود

بمفتاح طرد مركزي

محرك وجه واحد غير مزود بمفتاح طرد مركزي العضو الثابت يحتوى على ٢٤ مجرى ويعطى سرعة ١٤٠٠ لفة / دقيقة يراد تقسيمه ورسم الانفراد .

التقسيم

- ١ - سرعة المحرك = ١٤٠٠ لفة / دقيقة = ٤ قطب
- ٢ - عدد مجارى المحرك = ٢٤ مجرى
- ٣ - عدد مجارى كل مجموعة ٢٤ ÷ ٢ = ١٢ مجرى
- ٤ - عدد مجارى كل قطب في كل مجموعة = ١٢ ÷ ٤ = ٣ مجرى
- ٥ - نوعية الف يمكن استعمال الجانب والجانبين في الجرى .
- ٦ - نوعية الخطوة يمكن استعمال المتداخلة والثابتة .
- ٧ - مقدار عطوة الملف الأصغر في المتداخل = عدد مجارى قطب المجموعة
 $٥ = ٢ + ٣ = ٢ +$
خطوة الملف الثانى = خطوة الأصغر + ٢ = ٥ + ٢ = ٧
خطوة الملف الثالث = خطوة الثانى + ٢ = ٧ + ٢ = ٩

في حالة نوعية الف جانب واحد تقسم الملفات الثلاثة الى جناحين ملف ونصف أى الملف الأصغر كامل العدد والملف الثانى نصفين أى جانبين فى المجرى كما هو موضح وفى حالة نوعية الف جانبين فى المجرى نستعمل الملفات الثلاث المتداخلة وبالخطوات السابقة أو نستعمل الملفات الثلاث ثابتة الخطوة (١ - ٧) وهى متوسط الخطوات الثلاثة فى المتداخل .

توصل ملفات كل مجموعة بالتوالى مع مراعاة دخول وخروج التيار للحصول على القطبية السليمة فى المحرك هذا ويمكن اعتبار أحد المجموعتين ملفات تشغيل والمجموعة الثانية والمتصلة مع المكثف ملفات تقويم .

ملاحظة : فى حالة الجانب الواحد المستعمل فيها قسمة الملف الثانى جناحين لا تنفذ غير متداخلة .

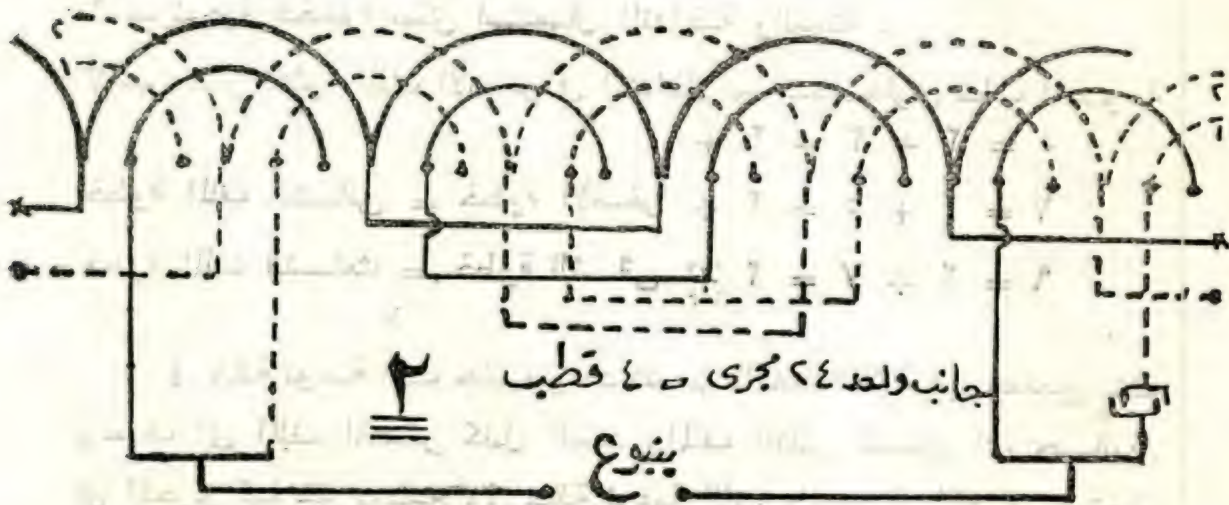
محرك غير مزود بمفتاح طرد ١٢ مجرى ٢ قطب

خطوة ١ - ١٦٥ - ٧ جانب وجانبين

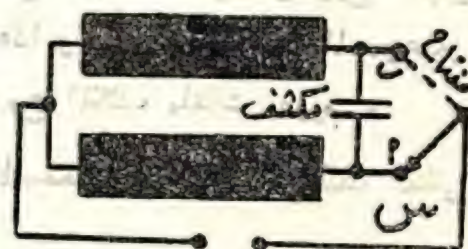
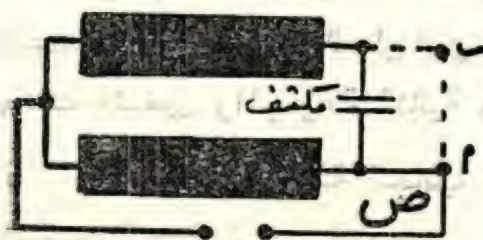


محرك غير مزود بمفتاح طرد ٢٤ مجرى ٤ قطب

خطوة ١ - ١٦٥ - ٧ جانب وجانبين



طريقة عكس اتجاه الدوران بتغير وضع المكثف بالنسبة للمجموعتين
حسب الرسم في الشكل س نستعمل مفتاح عكس حركة والشكل ص التغيير
يدوى فعند نقل التوصيل من أ الى ب يتغير وضع المكثف .



المحرك التنافري

يعتبر هذا المحرك أحد محركات الوجه الواحد ولكنه يختلف في تكوينه وطريقة تشغيله عن كل من المحرك المزود بمفتاح طرد مركزي والفير مزود بمفتاح طرد مركزي .

الأجزاء الأساسية

- ١ - العضو الثابت وهو يشبه تماما العضو الثابت لمحركات التيار المتغير .
- ٢ - العضو الدائر وهو عضو استنتاج كامل مثل محركات التيار المستمر .
- ٣ - الفرش الكربونية .

العضو الثابت

تقسيم مجارى العضو الثابت حسب عدد أقطاب المحرك وتوضع فيها الملفات الخاصة بتكوين قطبية المحرك وتوصيل مع بعضها ويبقى طرفى التغذية .

العضو الدائر

تقسيم مجارى العضو الدائر على أساس قطبية المحرك وتوضع فيها ملفات تلحم أطرافها في قطاعات عضو التوزيع على أساس لحام تموجى .

أحداث حركة الدوران

عندما يمر التيار المتغير فى ملفات العضو الثابت ينتج عن ذلك مجال مغناطيسى متغير الاتجاه ويقطع هذا المجال الملفات الموجودة فى عضو الاستنتاج فينتج فيها (ق.د.ك) مستنتجة ولكن هذا التيار المستنتج لا يظهر تأثيره الا فى الملفات الواقعة بين الفرشتين المقصورتين فتحدث نتيجة هذا القصر مغناطيسية فى العضو الدائر تشابه مغناطيسية العضو الثابت وهنا تتم عملية التنافر بين المغناطيسيين وإذا سُمى بالمحرك التنافري بالنسبة للفرش الموجودة على عضو التوزيع نجد لها أربعة حالات هما :

- ١ - عضو توزيع مجوف ويوجد بداخله حلقة زمبركية بها مجموعة ريش نحاسية تتأثر بالقوة الدافعة المركزية أثناء الدوران فتقتصر قطاعات عضو التوزيع والفرش الموجودة على هذا العضو هما فرشتان مقصورتان على بعضهما ويمكن عن طريق تحريكهما التأثير على سرعة المحرك وعكس اتجاه الدوران .

٢ — عضو توزيع مماثل للسابق ويوجد عليه أربعة فرش اثنتين لهما طرفين وغير مقصورتين والاثنتين الأخريتين مثلهما وتتجه أطراف المجموعتين الى مفتاح تشغيل يمكن عن طريقه قصر أى من الفرشتين فاذا تم قصر اثنتين يدور فى اتجاه واذا تم قصر الأخرتين وفتح الأولتين يدور فى اتجاه آخر .

٣ — عضو توزيع غير مجوف عادى ويوجد عليه أربعة فرش كل اثنتين مقصورتين ولكن هناك اثنتين ثابتتين واثنتين متحركتين وعلى هذا نجد عمل الفرش المتحركة هو التأثير على سرعة الدوران وعكس اتجاه الحركة وعمل الفرش الثابتة هو استمرار عملية القصر على ملفات العضو الدائر .

٤ — عضو توزيع يوجد عليه أربعة فرش اثنتين مقصورتين ومتحركتين واثنتين ثابتتين ومتصلتين مع مجموعة ملفات موضوعة فى مجارى العضو الثابت تسمى بملفات التعويض وفائدتها هو تقليل الشرر بين الفرش وحسين معامل القدرة .

هذا وفى بعض الحالات نجد عندما يأخذ المحرك سرعته ترفع الفرش عن عضو التوزيع لمنع استمرار عملية الاحتكاك واستهلاك الفرش كما وأن الفرش فى الحالات الأربعة السابقة لا صلة لها كهربيا بالعضو الثابت والتيار واذا كان محور الأقطاب عمودى على محور الفرش يكون عزم الدوران اصغر واذا كان المحورين متطابقين كان عزم الدوران كبير ويكون أكبر اذا كان المحورين على زاوية ٤٥ درجة .

لف المحرك التنافرى

عند تقسيم مجارى العضو الثابت يمكن القول أن التقسيم يشبه العضو الثابت لمحرك الوجه الواحد العادى الا أنه لا يوجد فيه ملفات تقويم ويوجد نقط ملفات تشغيل وعلى هذا تقسم عدد مجارى العضو الثابت على أساس عدد أقطاب المحرك مع ترك مجارى خالية بين القطب والقطب مثل مجارى قطب التقويم ولكن خالية من الملفات .

مثال للتقسيم

محرك تنافرى يحتوى العضو الثابت على ٣٦ مجرى مقسم ٤ أقطاب
١ — عدد المجارى الخالية ٤ مجرى بواقع مجرى بين كل قطب وقطب .

- ٢ — عدد المجارى التى ستقسم = $٢٦ - ٤ = ٢٢$ مجرى .
- ٣ — عدد مجارى كل قطب = $٢٢ \div ٤ = ٨$ مجرى .
- ٤ — نوع اللف جانب واحد فى المجرى .
- ٥ — نوع الخطوة المتداخلة .
- ٦ — مقدار خطوة الملف الأصغر = عدد المجرى الخالية بين القطب والآخر

$$٢ + ١ = ٣ \text{ مجرى}$$

$$\therefore \text{خطوة الملف الثانى} = ٣ + ٢ = ٥ \text{ مجرى}$$

$$\text{خطوة الملف الثالث} = ٥ + ٢ = ٧ \text{ مجرى}$$

$$\text{خطوة الملف الرابع} = ٧ + ٢ = ٩ \text{ مجرى}$$

وعلى هذا يكون توزيع ملفات الأقطاب مثل توزيع ملفات التشفيل وتوصل المجموعات مع بعضها مع مراعاة دخول وخروج التيار لتكوين القطبية ويبقى طرفى البداية والنهاية وهما طرفى توصيل التيار العضو الثابت .

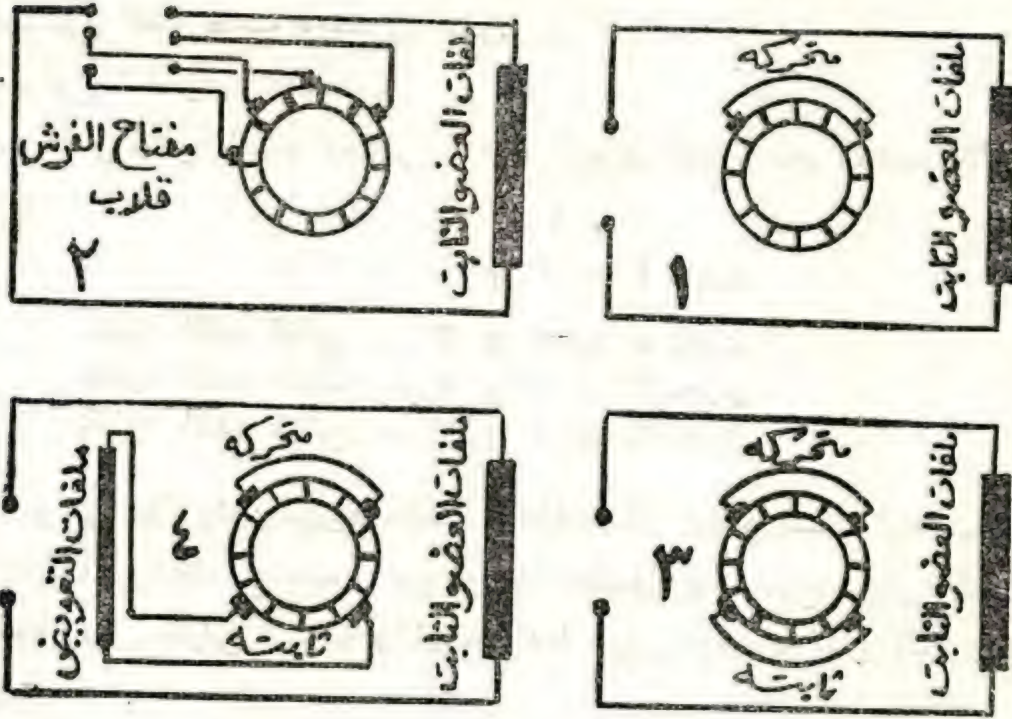
أما العضو الدائر وهو عضو استنتاج له عدد من المجارى إلا أن عدد هذه المجارى ليس لها أى ارتباط من حيث العدد مع عدد مجارى العضو الثابت ولكن عند تقسيم مجارى العضو الدائر نلتزم بنفس عدد أقطاب العضو الثابت وعلى هذا يكون تقسيم العضو الدائر على أساس الآتى :

- ١ — عدد أقطاب المحرك .
- ٢ — عدد مجارى عضو الاستنتاج .
- ٣ — عدد قطاعات عضو التوزيع .
- ٤ — خطوة اللف .

هذا وتلحم أطراف ملفات عضو الاستنتاج فى قطاعات عضو التوزيع بطريقة اللحام التموجى السابق شرحه فى محركات التيار المستمر مع ملاحظة أنه لا يوجد أى اتصال كهربى بين ملفات العضو الثابت وملفات العضو الدائر والملفات التى تغذى التيار هى ملفات العضو الثابت فقط أما الفرشات التى توجد على عضو التوزيع فهى لتصر ملف عضو الاستنتاج كى نحصل على مغناطيسية التناثر وليس لها أى اتصال بالتيار ولا الملفات الرئيسية بالمحرك فى العضو الثابت .

دوائر المحرك التنافري

حسب الفرشات الموجودة على عضو التوزيع



محرك شراجما

يعتبر هذا المحرك أحد أنواع المحركات التي تعمل على تيار متغير ثلاثية أوجه ويتكون من عضو ثابت وعضو دائر ويمكن التحكم في قيمة سرعته دون المساس بعدد أقطابه ولكن عن طريق تحريك الفرش الموجودة به حسب الشرح الآتي :

يختلف هذا النوع من المحركات عن الأنواع الأخرى حيث نجد أن العضو الدائر هو الذي يفذى بالتيار الخاص بالينبوع عن طريق حلقات انزلاق أما ملفات العضو الثابت ليس لها أى صلة بتيار الينبوع .

تركيب المحرك

تحتوى مجارى العضو الثابت على ثلاثة ملفات تعرف باسم الملفات الثانوية ويتصل طرفى كل ملف بعدد اثنين فرشاة كربونية وفي بعض الحالات تستبدل الفرشة بصف من الفرش — أما العضو الدائر فيحتوى على نوعين من الملفات حيث نجد في الطبقة الأولى داخل المجارى ملفات مقسمة لثلاثة أوجه كما هو متبع في لف العضو الدائر الملفوف في المحرك الاستنتاجى وتوصل

الأطراف الثلاثة لهذه الملفات بثلاث حلقات انزلاق وتعرف هذه الملفات باسم الملفات الابتدائية ويوجد في الطبقة النانية للمجاري ملفات أخرى تسمى بملفات التنظيم وتوصل أطرافها بقطاعات عضو توحيد وتتلامس مع هذه القطاعات الفرش الكربونية المتصلة بأطراف ملفات العضو الثابت .

بالنسبة للفرش فإنه يمكن تحريكها بحيث يتغير موضعها على قطاعات عضو التوحيد سواء بتقريب كل فرشتين ملف من بعضهما أو إبعادهما أو تبديل مكان واحدة مكان الأخرى كما هو موضح في الرسومات الآتية فنجد في الرسم (١) يبين ملفات العضو الثابت وملفات العضو الدائر وتوصيلها بحلقات الانزلاق وقطاعات عضو التوحيد ٦

نظرية التشفييل والاستعمال

عند توصيل تيار الينبوع للملفات العضو الدائر عن طريق حلقات الانزلاق ينشأ مجال دائري حول ملفاته ويقطع هذا المجال ملفات العضو الثابت مخترقا الشعرة الهوائية وكذلك يتقطع الملفات المتصلة بقطاعات عضو التوحيد ويولد بها (ق.د.ك) بالتأثير — فعند مرور تيار في ملفات العضو الثابت ينتج في هذه الحالة عزم دوران في اتجاه المجال الدائري وبما أن ملفات عضو التوحيد مجاورة للملفات المتصلة بالينبوع فإنه يقع على أطراف الفرش (ق.د.ك) تتناسب مع عدد الملفات المحصورة بين كل فرشتين ومعنى هذا أن ملفات العضو الثابت تغذى بالضغط عن طريق الاستنتاج المتبادل من ملفات العضو الدائر وعن طريق الفرش المرتكزة على قطاعات عضو التوحيد .

وبما أنه يمكن تحريك الفرش وتغيير موضعها عن طريق رافعة لها ذراع متصل مع يد متحركة فإن هذا التحريك للفرش يعمل على إمكان إضافة ضغط إلى الضغط المستنتج في ملفات العضو الثابت أو انقاص قيمة معينة من الضغط من ملفات العضو الثابت ويتوقف هذا على وضع الفرش بالنسبة لبعضها ومنه يكون التحكم في قيمة ضغط العضو الثابت وسرعة المحرك .

في شكل (٢) نجد الفرشتين (ف ، ك) متجاورتان في قطعة واحدة من قطاعات عضو التوحيد فيكون الضغط بينها صفر وعلى هذا لا توجد إضافة أو نقصان لضغط ملفات العضو الثابت .

في شكل (٣) نجد الفرشتين متباعدين وكانت (ق.د.ك) في العضو الدائر في نفس اتجاه (ق.د.ك) في العضو الثابت وهنا تزيد سرعة المحرك عن سرعة التوافق ويمكن تحديد هذه الزيادة بقيمة المسافة بين الفرشتين .

في شكل (٤) نجد أن الفرشة (ف) أخذت مكان الفرشة (ك) وكانت (ق.د.ك) في العضو الدائر في اتجاه عكس (ق.د.ك) في العضو الثابت وفي هذه الحالة نجد سرعة المحرك تنقص عن سرعة التوافق ويمكن تحديد هذا النقص بقيمة المسافة بين الفرشتين .

فإذا كان الضغط المستنتج في ملفات العضو الثابت مثلا ١٠٠ غزوات فإنه يمكن مضاعفة هذا الضغط عندما نكون (ق.د.ك) في العضو الدائر في نفس اتجاه (ق.د.ك) في العضو الثابت .

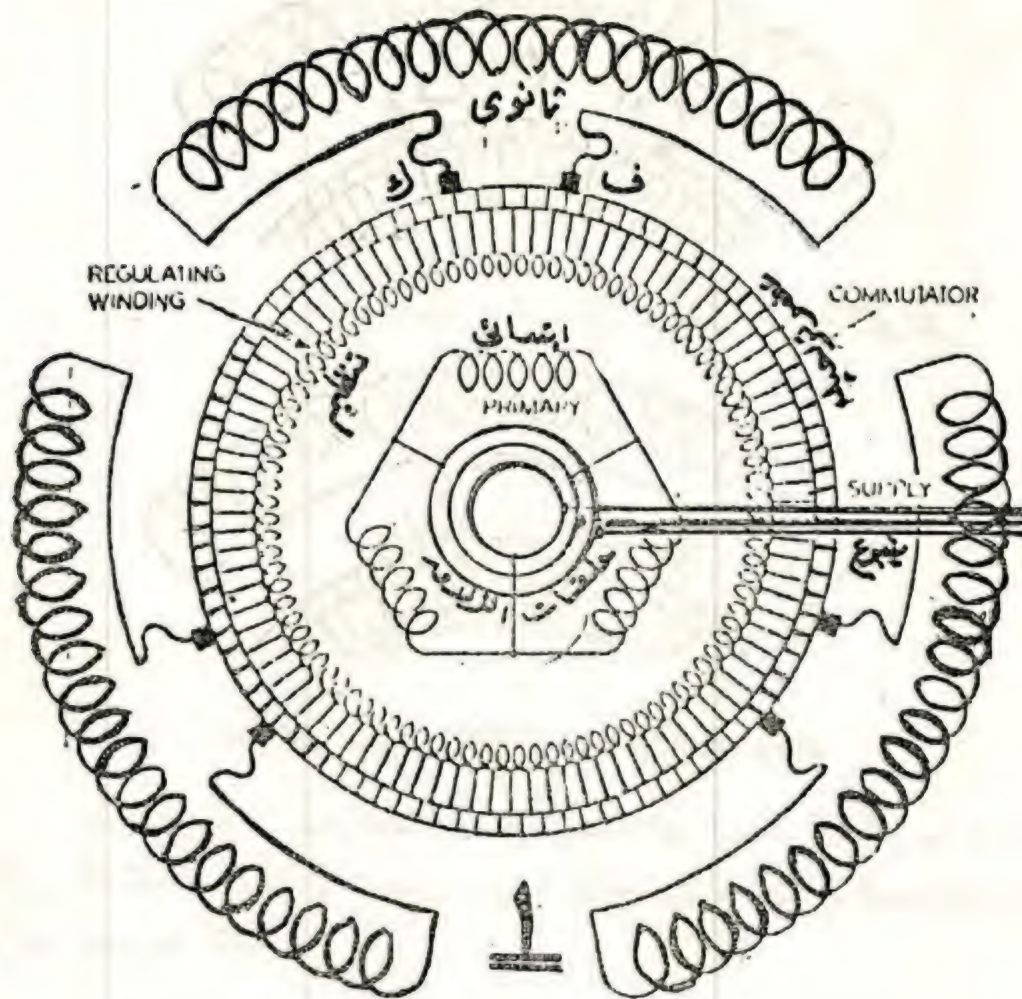
كما يمكن تلاشي هذا الضغط أو جزء منه في ملفات العضو الثابت عندما تكون (ق.د.ك) في العضو الدائر في عكس اتجاه (ق.د.ك) في العضو الثابت .

بهذه الطريقة يمكن التحكم في سرعة المحرك وعلى وجه التقريب هي ٣ الى ١ للحمل العادي وهذا التغيير في مدى ٤٠٪ أكثر من السرعة الى ٦٠٪ أقل من سرعة التوافق كما أن السرعة تهبط بنسبة من ٥٪ الى ٢٠٪ عند التحميل ويمكن التغلب عليها بزيادة المسافة بين الفرشتين .

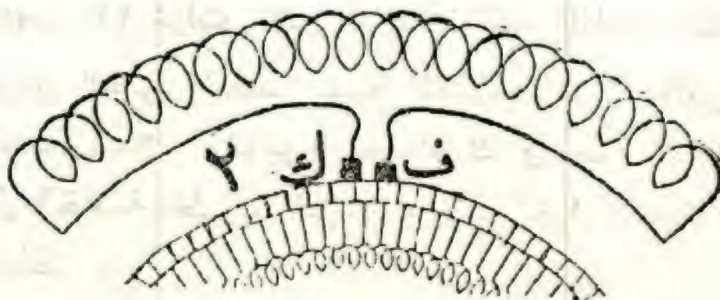
استعمال المحرك

هذا النوع من المحركات ويسمى في بعض الأحيان بالمحرك المتغير السرعة يستخدم هذا المحرك في ادارة ماكينات القطع والتشغيل التي تحتاج الى تنظيم سرعة الدوران كما يستخدم في ماكينات الغزل والنسيج وماكينات الطباعة .

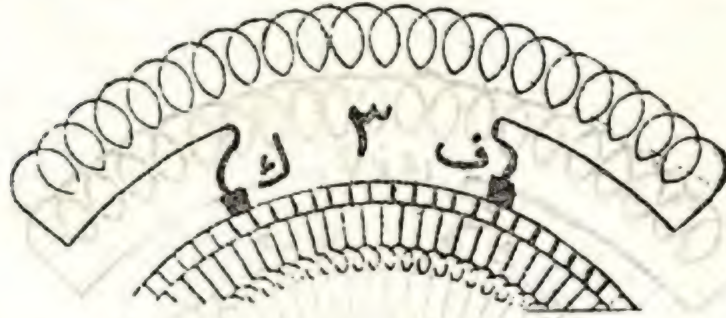
الدائرة الكاملة لفات وأجزاء المحرك



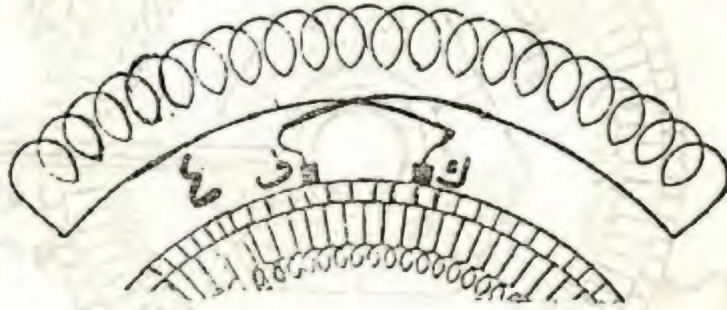
وضع الفرش عندما تكون السرعة مساوية لـ سرعة التوافق



وضع الفرش عندما تكون السرعة اكبر من سرعة التوافق



وضع الفرش عندما تكون السرعة اقل من سرعة التوافق

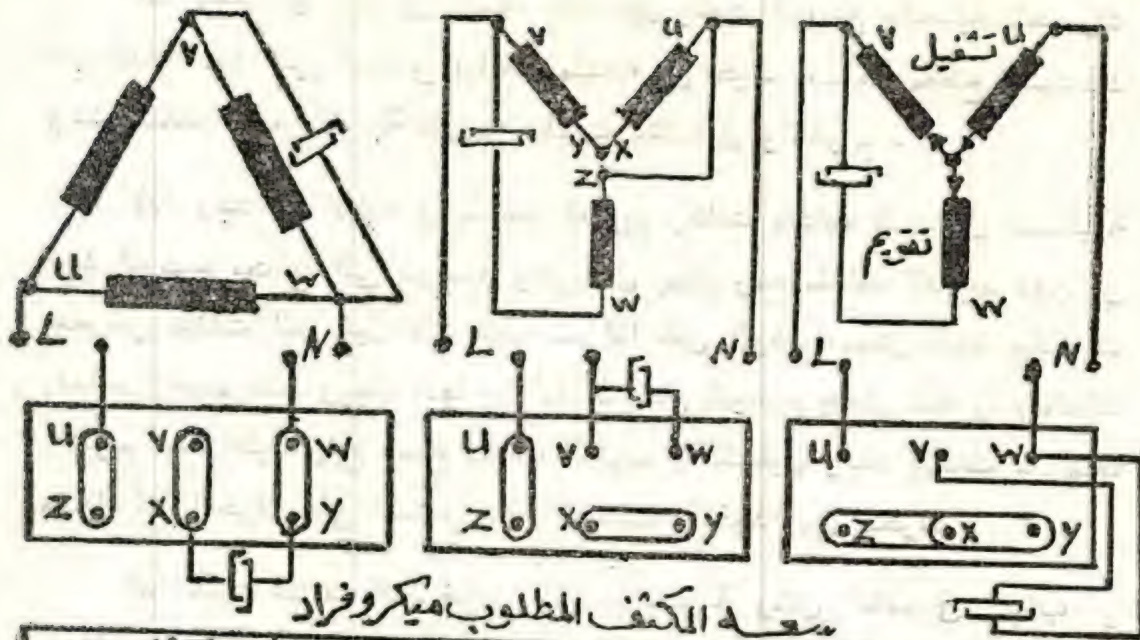


تشغيل محرك ثلاثة أوجه على وجه واحد

يمكن استخدام محركات الثلاثة أوجه ذات العضو الدائر من نوع قفص السنجاب والتي لا تتعدى قدرتها ثلاثة كيلوات لتعمل كمحركات وجه واحد وبسرعة ثابتة .

في هذه العملية يجب أن تعرف أن قدرة الخرج للمحرك عند تشغيله على وجه واحد تقل ولا تتعدى ٧٥٪ من قدرته المقررة في حالة الثلاثة أوجه .

لتنفيذ هذه العملية وتشغيل المحرك على وجه واحد بدلا من ثلاثة أوجه يجب استخدام المكثفات لبدء التشغيل ويتم تحديد قيمة المكثف بالنسبة لقيمة الجهد المستخدم عليه المحرك ويمكن تقديم المكثف المستعمل مع محرك يعمل على جهد ٢٢٠ فولت بمقدار سعة المكثف المناسب لقدرة المحرك وذلك عن طريق الجدول الخاص بقيمة المكثفات والرسم الآتي يبين طريقة التوصيل بالنسبة للمكثف والينبوع مع المحرك في حالة الدلتا وعن طريق عبة التوصيل الخاصة بأطراف المحرك دون فك أجزاء المحرك أو أى تعديل في ملفاته بالداخل .



سعة المكثف المطلوب ميكروفراد

| سعة المكثف | | | القدرة |
|------------|------|------|--------|
| ٧٢٨٠ | ٧٢٢٠ | ٧١١٠ | حصان |
| ١٤٠٤ | ٤٠ | ١٢٠ | ١/٨ |
| ١٨ | ٥٠ | ١٥٠ | ١/٤ |
| ٢٢ | ٦٠ | ١٨٠ | ١/٢ |

| سعة المكثف | | | القدرة |
|------------|------|------|--------|
| ٧٢٨٠ | ٧٢٢٠ | ٧١١٠ | حصان |
| ٣٠٦ | ١٠ | ٣٠ | ١/٢ |
| ٧٠٢ | ٢٠ | ٦٠ | ١/٤ |
| ١٠٨ | ٣٠ | ٩٠ | ١/٢ |

البيانات العملية لحسابات لف المحرك وجه واحد

لإعادة لف المحرك وضمان بالنسبة لحالة المحرك من حيث إذا كان أصلاً ملفوفاً وحدث به تلف يتسبب في إعادة لفه أو إذا كان المحرك لا يوجد به ملفات أو فقدت ويراد إعادة لفه .

الحالة الأولى : وهي إذا كان المحرك أصلاً به ملفات وحدث به تلف ويراد إعادة لفه علينا قبل كل شيء فحص المحرك والتعرف على نوع التلف الموجودة به على النحو التالي :

١ - فحص ملفات التشغيل والتأكد من سلامتها من حيث العزل والمقاومة والتوصيل .

٢ - فحص مفتاح الطرد المركزي من حيث طريقة القطع والتوصيل للتيار وكذا صلاحية المكثف .

٣ - فحص الجلب أو رولمان إلى المحرك والتأكد من سلامته .

إذا وجد أى تلف فى ملفات التشغيل يكون الوضع بالنسبة للمحرك هو إعادة لفه على أساس بيانات ملفاته من حيث مساحة مقطع السلك وعدد لفات الملف بالنسبة لكل من ملفات التشغيل والتقويم .

إذا وجد أن التلف فى ملفات التقويم وكانت ملفات التشغيل سليمة تجد الوضع يحتاج الى دراسة وهى هل يمكن رفع ملفات التقويم دون أن تتعرض ملفات التشغيل لأى تلف — إذا كان الوضع ممكن نأخذ بيانات ملفات التقويم فقط ويعاد لفها — أما إذا كان الوضع يتعذر فبه رفع ملفات التقويم فقط علينا رفع جميع ملفات التقويم والتشغيل وأخذ بيانات كل منها ويعاد لف المحرك على أساس هذه البيانات المأخوذة من المحرك .

إذا كانت ملفات التشغيل والتقويم سليمة وكان التلف فى الجلب أو رولمان بلى المحرك الأمر الذى يجعل المحرك لا يعمل بحالة جيدة علينا فى هذه الحالة رفع الجلب أو رولمان بلى المحرك وتركيب آخر جديد .

بعد اتمام أى عملية من العمليات السابقة ويراد تجميع المحرك لتشغيله يجب مراعاة فحص الملفات أولا للتأكد من سلامتها وكذا غسل وإعادة تشحيم الرولمان بلى بحيث يكون الشحم من النوع الجيد ونظيف ثم يجمع المحرك ويختبر على التيار .

الحالة الثانية : وهى إذا كانت جميع بيانات المحرك مفقودة ولا يعرف أى شئ عن قدرة المحرك وقطر سلك من ملف التشغيل والتقويم وكذا عدد لفات ملف التشغيل وملف التقويم ويراد لف هذا المحرك فى مثل هذه الظروف نجد كثيرا من الأشخاص يأخذون بيانات محرك آخر يقرب من هذا المحرك فى الحجم والشكل ولكن هذا خطأ كبير ولا يعطى المحرك وضعه السليم من حيث اللف والقدرة .

لذا كان البحث والتجربة التى أمكن بواسطتها التغلب على هذا الوضع وعن طريق تنفيذ العمليات والحصول على البيانات الآتية يمكن الوصول الى ما يتعلق بإعادة لف المحرك بدرجة كبيرة من الجودة .

التعرف على قدرة المحرك

فى بعض الحالات التى يوجد عليها المحرك يكون فارغا من الأسلاك وليس عليه لوحة بيانات تدلنا على ضغط وأمبير سرعة وقدرة هذا المحرك

ولكى يستفاد من هذا المحرك واعادة لفة نجد أنفسنا أمام أول بيان مطلوب معرفته وهو قدرة المحرك وعلى هذا يجب التعرف والحصول على الآتى :

- ١ — أوجد عدد مجارى ملفات التشغيل .
- ٢ — أوجد طول المجرى من حيث سمك مجموعة الرقائق فقط بالسنتيمتر مع مراعاة الدقة .
- ٣ — أوجد عرض السنة الحديد الموجودة من أعلى بين مجرتين متجاورتين بالسنتيمتر مع مراعاة الدقة التامة (شن ٦) .
- ٤ — تحديد سرعة المحرك التى سيعمل عليها .
- ٥ — استعمل (٩٠٠٠ الى ٩٥٠٠ خط) كفيض مغناطيسى لكل سنتيمتر مربع حتى قدرة واحد حصان أما اذا زادت القدرة عن واحد كيلوات استعمل (٨٥٠٠ الى ٩٠٠٠) .
- ٦ — تحديد قيمة ضغط الينبوع الذى سيعمل عليه المحرك .
- ٧ — تعرف على قيمة تردد ضغط الينبوع .
- ٨ — استعمل الأرقام الآتية (٢ ، ٤ ، ٦ ، ١٠ ، ١٥٠٠) .
- ٩ — استعمل معامل قدرة من (٧٠ ر . الى ٧٥ ر .) اذا تعذر معرفته .



من البيانات السابقة يمكن تنفيذ الآتى فى شكل قانون الحصول على قدرة المحرك .

$$(١) \quad \frac{\text{عدد مجارى التشغيل} \times \text{عرض السنة} \times \text{طول المجرى}}{٢ \times ٤} = \text{تربيع الناتج}$$

$$(ب) \quad \frac{\text{ناتج العملية السابقة} \times \text{الفيض المغناطيسى} \times \text{ضغط الينبوع} \times \text{سرعة المحرك}}{١٥٠٠ \times ٦٠}$$

من العملية (ب) نحصل على القدرة بالوات .

مثال

محرك وجه واحد تيار متغير يحتوى على ٢٤ مجرى فيه عرض السنة ٠.٩ سم وطول المجرى ٨٥ سم وسرعته ١٥٠٠ لفة / دقيقة ويصل على ضغط ٢٢٠ فولت والمطلوب معرفة قيمة قدرته .

الحل

عدد مجارى التشغيل = $24 \times \frac{2}{3} = 16$ مجرى .

$$(أ) \quad 234 = \frac{16 \times 0.9 \times 85}{2 \times 4} \times \frac{16 \times 0.9 \times 85}{2 \times 4}$$

$$(ب) \quad \text{القدرة} = \frac{1000 \times 220 \times 9000 \times 234}{1000 \times 1.0} = 500 \text{ وات}$$

معرفة مساحة مقطع سلك التشغيل

بعد الحصول على قدرة المحرك في المثال السابق يمكن على ضوء هذا البيان تحديد مساحة مقطع سلك ملفات التشغيل وعن طريق معرفة الآتى :

- ١ — تحديد مقدار قدرة المحرك بالوات .
- ٢ — قيمة ضغط الينبوع الذى يعمل عليه المحرك .
- ٣ — كثافة التيار لكل مم^٢ ويمكن فى هذه الحالة استعمال (٥ أمبير) .
- ٤ — معامل القدرة وإذا تعذر معرفته يمكن استعمال (٠.٧٥) الى (٠.٧٥) .

في المثال السابق تعرفنا على قدرة المحرك وهى ٥٠٠ وات على أساسها يمكن حساب مساحة مقطع السلك اللازم للـ ملفات التشغيل فى هذا المحرك .

مساحة مقطع سلك التشغيل :

قدرة المحرك بالوات

ضغط الينبوع \times معامل القدرة \times كثافة التيار

$$= \frac{500}{0.75 \times 220 \times 5} = 0.65 \text{ مم}^2$$

من الجدول الخاص بمساحة مقطع وقطر الأسلاك نجد أن ٠.٦٥ مم^٢ كمساحة مقطع السلك يقابلها في الجدول ٠.٩ مم كقطر السلك وهو الخاص بملفات التشغيل وعلى ضوء معرفة مساحة مقطع سلك التشغيل يمكن تحديد مساحة مقطع سلك التقويم في نفس المحرك وحسب حالة المحرك من حيث إذا كان يعمل بدون مكثف أو إذا كان مزودا بمكثف .

١ — إذا كان المحرك يعمل بدون مكثف تكون مساحة مقطع سلك التقويم $= \frac{1}{3}$ مساحة سلك التشغيل .

٣ — إذا كان المحرك يعمل بمكثف تكون مساحة مقطع سلك التقويم $= \frac{2}{3}$ مساحة مقطع سلك التشغيل .

هذه نسب تقريبية من واقع بعض النحوص لأنواع مختلفة من محركات الوجه الواحد وكذا بعض التجارب العملية عليها وهى تعطى نتيجة لا تقل جودتها عن ٩٠٪ من جودة المحرك .

معرفة عدد لفات ملف التشغيل

بعد التعرف على قيمة قدرة المحرك ومساحة مقطع السلك اللازم لاعادة لفه يبقى معرفة عدد لفات كل من ملف التشغيل وملف التقويم ولحساب عدد لفات ملف التشغيل يجب معرفة الآتى :

- ١ — عدد مجارى ملفات التشغيل .
- ٢ — مقدار عرض السنة السابق معرفته .
- ٣ — طول المجرى السابق معرفته .
- ٤ — قيمة الفيض المغناطيسى وهو المستعمل في معرفة القدرة مع مراعاة أن قيمة الفيض تقل مع زيادة القدرة .
- ٥ — قيمة ضغط الينبوع الخاص بالمحرك .
- ٦ — قيمة التردد للينبوع .
- ٧ — سرعة المحرك التى سيعمل بها .
- ٨ — الأرقام الثابتة (٤ ، ٩٧ ، ٤٤٤ ، ١٥٠٠ ، ١٠)^٨ .

تركيب القانون

عدد لفات ملفات التشغيل الكلية =

$$0.97 \times \text{ضغط الينبوع} \times 1500 \times 10^8$$

$$\frac{\text{التردد} \times 444 \times \text{الفيض الكلى} \times \text{سرعة المحرك}}$$

مثال

محرك وجه واحد تيار متغير يحتوى على ٢٤ مجرى يعمل على ٢٢٠ فولت بتردد ٥٠ ذبذبة فيه عرض بسنة الحديد ٩ سم وطول المجرى ٥٠ سم وسرعته ١٤٥٠ لفة/دقيقة والمطلوب معرفة عدد لفات ملف التشغيل .

الحل

$$\text{عدد مجارى التشغيل} = 24 \times \frac{2}{3} = 16 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد ملفات التشغيل} = 26 \div 2 = 13 \text{ ملف}$$

قيمة الفيض الكلى =

$$\text{عدد مجارى التشغيل} \times \text{عرض السنة} \times \text{طول المجرى} \times \text{قيمة فيس السنتيمتر المربع}$$

٤

$$= (16 \times 0.9 \times 80 \times 9000) \div 4 = 275400 \text{ خط}$$

عدد لفات ملفات التشغيل الكلية =

$$0.97 \times 1500 \times 220 \times 10^8$$

$$= 350 \text{ لفة}$$

$$1450 \times 275400 \times 50 \times 444$$

$$\therefore \text{عدد لفات الملف الواحد تشغيل} = 350 \div 8 = 44 \text{ لفة}$$

وعلى ضوء معرفة عدد لفات ملف التشغيل يمكن تحديد لفات ملف التقويم وهى = ضعف ملف التشغيل أما مساحة المقطع من البيانات السابقة .

محركات الثلاثة أوجه

قبل أن نتكلم عن طرق تقسيم ولف محركات الثلاثة أوجه يجب علينا التعرف على بعض البيانات والمواصفات الخاصة بهذا النوع من المحركات .

يجب علينا أولاً أن نعرف ما تعنيه سرعة المجال الدوار للتيار المتردد حيث يمكن حساب سرعة هذا المجال في أى محرك بمعرفة قيمة تردد جهد ايلنبوع وعدد أزواج الأقطاب في المحرك .

فاذا فرضنا أن (ف) قيمة التردد للينبوع .

وأن (ق) هى عدد أزواج الأقطاب .

وأن (ن) هى عدد الدورات في الدقيقة (السرعة) .

$$\therefore \text{تكون السرعة} = \frac{60 \times \text{ف}}{\text{ق}}$$

ويتم توليد عزم الدوران للمحرك عند توصيل ملفات العضو الثابت بالينبوع حيث يتولد بالحث في العضو الدوار جهد له قيمة معينة تؤدي الى وجود مجال مغناطيسى بالعضو الدوار — ويتولد عزم الدوران المطلوب نتيجة تفاعل المجال المغناطيسى الموجود في العضو الثابت مع المجال المغناطيسى المتولد بالحث في العضو الدوار .

وكلما زادت سرعة العضو الدوار يقل معها الجهد المتولد فيه حتى يصل هذا الجهد الى الصفر ولا تحدث هذه الحالة الا اذا دار بسرعة مساوية تماماً لسرعة المجال الدوار في العضو الثابت وتسمى سرعة المحرك في هذه الحالة الأخيرة بالسرعة المتزامنة ، غير أن سرعة العضو الدوار لا يمكن أن تصل الى هذه السرعة ويقال في هذه الحالة أن العضو الدوار يدور بسرعة لاتزامنية ، كما تتراوح قيمة الانزلاق وهو قيمة النقص في سرعة دوران العضو الدوار عن سرعة المجال ما بين (٢ ٪ ، ٦ ٪) من سرعة المجال الدوار .

تركيب المحرك

يتكون محرك الثلاثة أوجه الاستنتاجى من جزئين أساسيين هما :

١ — العضو الثابت وهو عبارة عن مجموعة رقائى من الصاج بها عدد من الجارى على المحيط الداخلى تشبه مجارى عضو الاستنتاج يوضع بها ملفات المحرك .

٢ — العضو الدائر وهو من نوع قفص السنجاب وهو يشبه تماماً العضو الدائر فى محركات الوجه الواحد .

يغذى هذا المحرك بتيار متغير ثلاثة أوجه لذا نجد فيه ثلاثة دوائر كهربية كل دائرة تخص وجه من الأوجه الثلاثاً وهذه الدوائر الثلاث تعتبر دوائر تشغيل وهى متساوية بينها وبين بعضها فى عدد الجارى ومساحة مقطع السلك المستعمل فى لف ملفات وعدد لفات كل ملف .

توزع ملفات كل وجه بالتساوى على مجارى العضو الثابت حسب عدد أقطاب المحرك بحيث يكون بين بداية كل وجه وبداية الوجه الآخر زاوية مقدارها ١٢٠ درجة وتسمى بزاوية الوجه كما توجد زاوية أخرى تسمى زاوية القطب مقدارها ١٨٠ درجة وكل من الزاويتين تستعمل فى تحديد عدد الجارى التى تبعد فيها كل بداية وجه عن الأخرى .

توصل ملفات كل دائرة وجه مع بعضها بالتوالى بحيث يتبقى فى النهاية طرفين لكل دائرة تسمى بالأحرف الآتية :

- الوجه الأول بدايته (U) ونهايته (X) .
- الوجه الثانى بدايته (V) ونهايته (Y) .
- الوجه الثالث بدايته (W) ونهايته (Z) .

وتخرج هذه الأطراف البدايات والنهايات خارج المحرك ولها توصيل خاص مع بعضها عند تغذية المحرك بالتيار حسب قيمة ضغط التغذية وحسابات ملفات الأوجه الثلاثة وهذا التوصيل بين أطراف ملفات المحرك إما يسمى التوصيل بطريقة النجمة أو التوصيل بطريقة الدلتا وسوف نشرح كل طريقة .

توصيل النجمة والدلتا

توصل أطراف ملفات المحرك الستة بطريقة النجمة كالآتى :

- ١ - وصل طرف نهاية كل وجه (X, Y, Z) مع بعضها .
- ٢ - وصل طرف بداية كل وجه (U, V, W) مع طرف من أطراف الينبوع الثلاثة (R, S, T) .

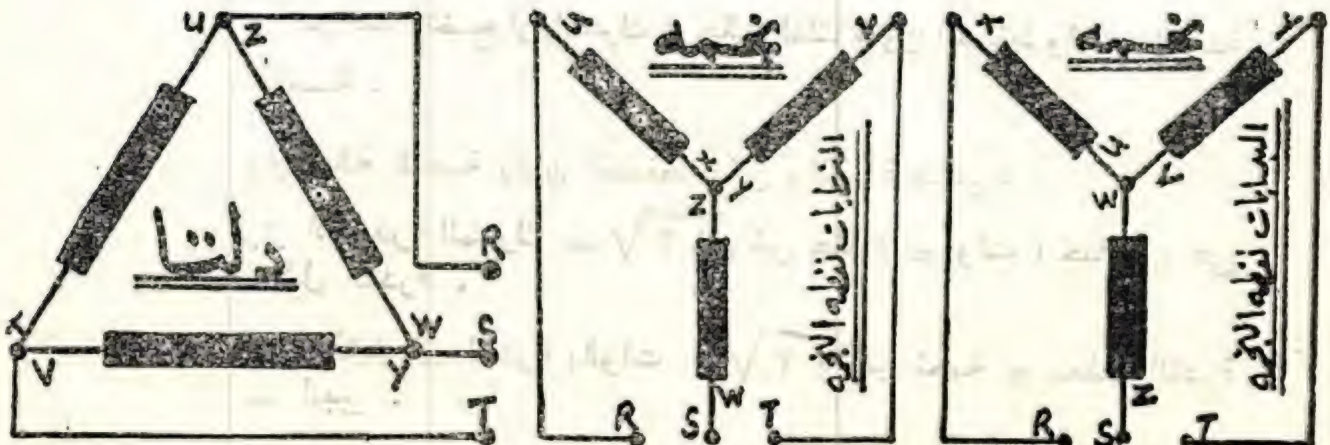
هذا ويمكن تنفيذ العكس أى نوصّل البدايات مع بعضها والنهائيات مع أطراف الينبوع كما هو موضح فى الرسم .

توصيل أطراف ملفات المحرك الستة بطريقة الدلتا كالآتى :

- ١ - وصل نهاية الوجه الأول (X) مع بداية الوجه الثانى (V)
- ٢ - وصل نهاية الوجه الثانى (Y) مع بداية الوجه الثالث (W)
- ٣ - وصل نهاية الوجه الثالث (Z) مع بداية الوجه الأول (U)
- ٤ - وصل أطراف الينبوع الثلاثة مع رؤوس الدلتا التى تكونت من التوصيلات السابقة كما هو موضح فى الرسم .

هناك توصيلة دلتا آخر تسمى الدلتا المعكوسة يوصل فيها نهاية الأول

- (X) مع بداية الثالث (W) ونهاية الثالث (Z) مع بداية الثانى (V)
- ونهاية الثانى (Y) مع بداية الأول (U) .



استعمال توصيلة النجمة والدلتا

نبدأ أولاً بالتعريف الآتى :

١ — بالنسبة لضغط ينابيع الثلاثى أوجه نجد هناك ضغوط صغيرة وضغوط عالية مثل ١١٠ فولت ثلاثة أوجه يقابله فى العالى ٢٠٠ فولت ثلاثة أوجه ونجد ٢٢٠ فولت ثلاثة أوجه ضغط واطى يقابله ٣٨٠ فولت ضغط عالى .

٢ — عند عمل حسابات ملفات المحرك من حيث عدد لفات الملف ومساحة مقطع السلك يدخل فى هذه الحسابات قيمة كل من الضغط الواطى والعالى عند توصيل المحرك بحيث تكون توصيلة الدلتا للضغط الواطى والنجمة للعالى .

عندما يقال أن هذا المحرك ٢٢٠ / ٣٨٠ فولت ثلاثة أوجه يقصد بذلك أن المحرك عند توصيله على التينوع التأكد من قيمة الضغط ثم توصيل أطراف ملفات الستة حسب قيمة هذا الضغط أى إما دلتا وإما نجمة .

٣ — فى حالة توصيل المحرك دلتا يكون الوضع كالاتى :

$$\text{ض} = \text{ض}'$$

أما تيار الخط (ش) فهو محصلة تيارى دائرتين أى وجهين .

$$\therefore \text{ش} = \text{ش}' \sqrt{3}$$

٤ — فى حالة توصيل المحرك نجمة يكون الوضع كالاتى :

$$\text{ش} = \text{ش}'$$

أما ضغط الخط (ض) فهو محصلة ضغطى دائرتين .

$$\therefore \text{ض} = \text{ض}' \sqrt{3}$$

من هذا يتضح أن المحرك فى حالة الدلتا يكون الضغط واطى والشدة عالية .

وفى حالة النجمة يكون الضغط عالى والشدة صغيرة .

∴ القدرة للمحرك $\sqrt{3} \text{ض ش جتا ه} = \text{وات (جتا ه) هى معامل القدرة} .$

شدة التيار = القدرة بالوات ÷ $\sqrt{3} \text{ض نجمة} \times \text{معامل القدرة} = \text{أمبير} .$

الدرجات الكهربائية والزاوية القطبية

ان موجة التيار المتغير تتم عندما يقطع الموصل (٣٦٠ درجة كهربية)
عبارا أمام قطبين وبذلك يكون القطب الواحد له (١٨٠ درجة كهربية)
على هذا نجد اذا احتوت الآلة على قطبين فقط نرى أن الدرجات
الكهربية تساوى الدرجات الميكانيكية للدائرة وهى (٣٦٠ درجة ميكانيكية)
ولكن اذا احتوت الآلة على أربعة أقطاب مثلا تكون الدرجات الكهربائية نصف
الدرجات الميكانيكية .

∴ قيمة الدرجات الكهربائية = الدرجات الكهربائية للدائرة (٣٦٠ درجة)
فى عدد أزواج الأقطاب .

مثال

آلة ذات ٦ أقطاب والمطلوب معرفة مقدار الدرجات الكهربائية للقطب .

الحل

عدد أزواج الأقطاب = $6 \div 2 = 3$ أزواج .

الدرجات الكهربائية الكلية = $360 \times 3 = 1080$ درجة

∴ درجات القطب الواحد = الدرجات الكلية ÷ عدد الأقطاب

$= 1080 \div 6 = 180$ درجة

ولما كانت زاوية الوجه = ١٢٠ درجة

∴ من درجة القطب ودرجة الوجه يمكن تحديد بعد بدايات الأوجه

الثلاثة فاذا كان المحرك يحتوى على ٣٦ مجرى ٦ أقطاب .

∴ عدد مجارى القطب = $36 \div 6 = 6$ مجرى

∴ قيمة المجرى الواحدة بالدرجات = 180 زاوية القطب ÷ ٦ عدد

مجارى القطب = ٣٠ درجة

∴ بعد بدايات الأوجه الثلاثة = 120 زاوية الوجه ÷ ٣٠ زاوية المجرى

= ٤ مجرى مع مراعاة أن المجرى التى بها بداية الوجه لا تحسب فى عدد

مجارى بعد البدايات . كما يمكن استعمال بعد البدايات على أساس

قسمة عدد مجارى المحرك على ثلاثة باعتبار العضو الثابت دائرة
ميكانيكية .

السرعة في محركات التيار المتغير

تتوقف السرعة في المحرك الذى يعمل على التيار المتغير على عدة عوامل أهمها :

- ١ — عدد الأقطاب التى يتكون منها المحرك ونلاحظ انه اذا زاد عدد الأقطاب نقصت السرعة واذا نقص عدد الأقطاب زادت السرعة .
- ٢ — قيمة تردد الينبوع الذى يعمل عليه المحرك .
- ٣ — قيمة الفيض المغناطيسى لحديد كل من رقائى العضو الثابت والدائر .

عدد الأقطاب وقيمة سرعتها

- ١ — فى حالة القطبين من ٢٨٠٠ الى ٣٠٠٠ لفة/دقيقة .
- ٢ — فى حالة اربعة قطب من ١٤٠٠ الى ١٥٠٠ لفة/دقيقة .
- ٣ — فى حالة ستة قطب من ٩٠٠ الى ١٠٠٠ لفة/دقيقة .
- ٤ — فى حالة ثمانية قطب من ٧٠٠ الى ٧٥٠ لفة/دقيقة .
- ٥ — فى حالة عشرة قطب من ٥٥٠ الى ٦٠٠ لفة/دقيقة .
- ٦ — فى حالة اثني عشر قطب من ٤٥٠ الى ٥٠٠ لفة/دقيقة .

تغير قيمة سرعة المحرك

اذا كان المحرك يدور بسرعة معينة ويراد اعادة لفة مع تغير هذه السرعة الى أكبر أو أصغر فانه لا يكتفى بتغير عدد الأقطاب بل يجب أيضا مع تغير عدد الأقطاب حساب عدد لفات المغات وكذا مساحة مقطع السلك على أساس السرعة الجديدة كالآتى :

عدد لفات الملف فى السرعة الجديدة

$$\frac{\text{السرعة القديمة}}{\text{السرعة الجديدة}} \times \text{عدد لفات الملف القديم}$$

مساحة مقطع السلك فى السرعة الجديدة

$$\frac{\text{السرعة الجديدة}}{\text{السرعة القديمة}} \times \text{مساحة مقطع السلك القديم} =$$

نوعيات اللف والخطوة وقيمة الخطوة

عند لف محرك الثلاثة أوجه يجب تحديد كل من نوعية اللف ونوعية الخطوة ومقدار الخطوة .

نوعية اللف

- ١ — يلف المحرك على أساس جانب واحد لللف في المجرى وبعده لفاته الكلية .
- ٢ — يلف المحرك على أساس جانبيين لللفين في المجرى كل منهما بنصف عدد لفاته الكلية .

نوعية الخطوة

- ١ — يلف المحرك على أساس خطوة ثابتة عادية وفيها تسقط جميع ملفات مجارى الوجه تحت القطب .
- ٢ — يلف المحرك على أساس خطوة متداخلة عادية وفيها تحول الثابتة الى أكثر من خطوة وتسقط فيها جميع ملفات مجارى الوجه تحت القطب على أن يكون متوسط هذه الخطوات يساوى قيمة الثابتة .
- ٣ — يلف المحرك على أساس خطوة ثابتة ذات الجناحين وفيها يسقط نصف ملفات مجارى الوجه تحت القطب في اتجاه والنصف الثانى في اتجاه آخر كما هو موضح في رسم الانفرادات .
- ٤ — يلف المحرك على أساس خطوة متداخلة ذات الجناحين ويتبع فيها مانفذ في الثابتة .

قيمة الخطوة

- ١ — تحسب قيمة الخطوة على أساس عدد مجارى القطب زائد مجرى (قطبية + ١) .
- ٢ — تحسب قيمة الخطوة على أساس عدد مجارى القطب فقط (قطبية فقط) .
- ٣ — تحسب قيمة الخطوة على أساس عدد مجارى القطب ناقص مجرى (قطبية - ١) .
- ٤ — تحسب قيمة الخطوة على أساس عدد مجارى القطب ناقص مجرتين (قطبية - ٢) .

الارتباط بين نوعية اللف والخطوة وقيمة الخطوة

- يمكن أن نقسم المحركات الى قسمين من حيث عدد الأقطاب .
- (١) محركات تلف على أساس قطبيين .

(ب) محركات تلف على أساس أكثر من قطبين .
وذلك لأن محركات القطبين لها وضع خاص بالنسبة لنوعية اللف
والخطوة وقيمة الخطوة .

محركات ذات قطبين

في حالة جانبين في المجرى :-

يمكن تنفيذ اللف على أساس خطوة ثابتة أو متداخلة عادية وهى التى
يتم فيها إسقاط ملفات عدد مجارى الوجه تحت القطب كمجموعة واحدة على
أن تكون قيمة الخطوة (قطبية + ١) .

في حالة جانب واحد في المجرى :-

يختار في هذه الحالة الأفضل وهو الثابتة أو المتداخلة ذات الجناحين
وهى التى يتم فيها تقسيم عدد مجارى الوجه تحت القطب الى مجموعتين
على أن تكون قيمة الخطوة كالاتى :

نجد أن عدد مجارى المحرك الكلية تدخل في تحديد قيمة الخطوة في
حالة الجناحين حيث نجد مثلا أن المحرك ١٨ مجرى تكون قيمة الخطوة
(قطبية نقط) أما المحرك ٢٤ مجرى تكون قيمة الخطوة (قطبية - ١) ويمكن
بطريقة أخرى تكون (قطبية - ٢) وفي المحرك ٣٦ مجرى تكون قيمة الخطوة
(قطبية - ٢) رغم أن هذه المحركات مقسمة قطبين .

أساس تنفيذ الجناحين

إذا كان عدد مجارى الوجه تحت القطب زوجى العدد يمكن تنفيذ اللف
جناحين ثابتة أو متداخلة (قطبية فقط) .

أما إذا كان عدد مجارى الوجه تحت القطب فردى العدد يمكن تنفيذ
اللف جناحين متداخلة بمتوسط يساوى (قطبية فقط) أما الثابتة في هذه
الحالة لا تنفذ الا على أساس (قطبية + ١) .

من هذا الشرح يمكن القول أن محركات القطبين يمكن أن ينفذ فيها
جميع نوعيات اللف والخطوة وقيمة الخطوة .

حساب الخطوة المتداخلة يبنى على أساس قيمة خطوة الملف الأصفر
ثم الأكبر فالأكبر كالاتى :

خطوة الملف الأصفر = (عدد مجارى الوجه تحت القطب \times ٢) + ٢

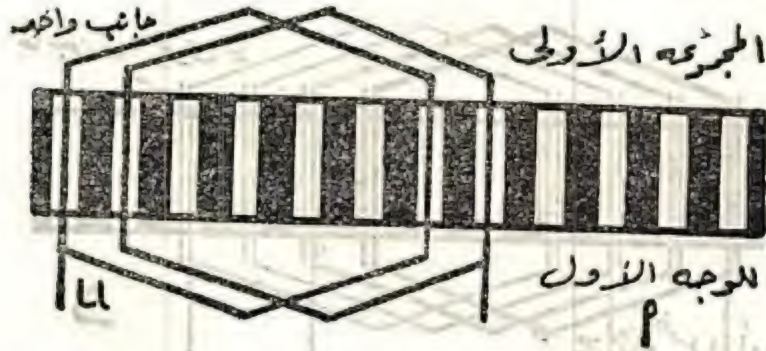
خطوة الملف الثانى = (خطوة الأصفر + ٢)

أما المحركات أكثر من قطبين تلف على أساس (قطبية + ١) أو

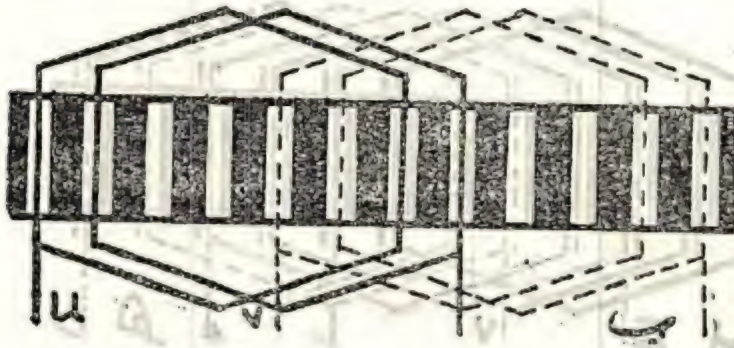
(قطبية نقط) ثابتة أو متداخلة .

اسقاط الملفات

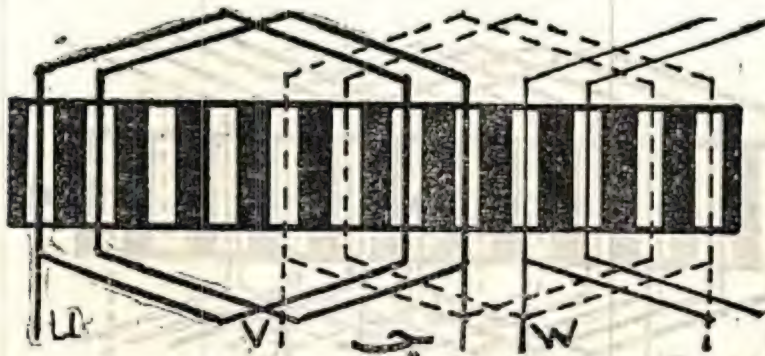
إذا كان نوع اللف جانب واحد في المجرى ونوع الخطوة ثابتة أو متداخلة علينا أولاً باسقاط ملفات المجموعة الأولى للوجه الأول كما هو موضح في الرسم (أ) .



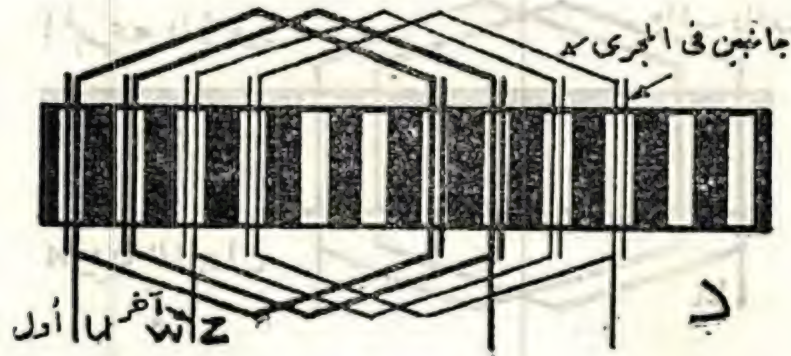
ثانياً أترك عدد من المجارى يساوى عدد ملفات مجموعة وجه خالية ثم اسقط ملفات المجموعة الأولى للوجه الثانى كما هو موضح في الرسم (ب) .



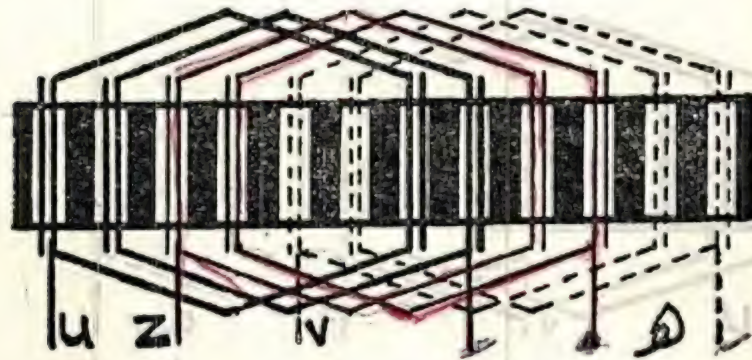
ثالثاً اترك المجارى التى بها نهاية ملفات المجموعة الأولى للوجه الأول ثم اسقط ملفات المجموعة الأولى للوجه الثالث كما هو موضح في الرسم (ج) .



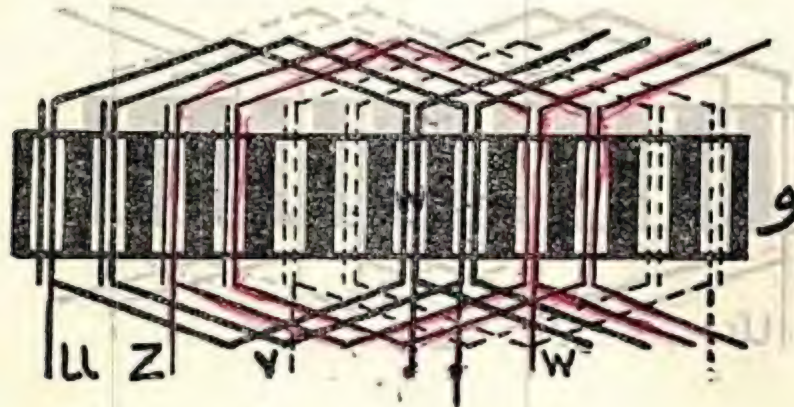
إذا كان نوع الف جانبيين في المجرى سواء كان نوع الخطوة ثابتة أو متداخلة علينا أولا إسقاط ملفات مجموعة الوجه الأول يليها مباشرة ملفات المجموعة الأخيرة للوجه الثالث دون ترك أى مجارى خالية كما هو موضح في الرسم (د) .



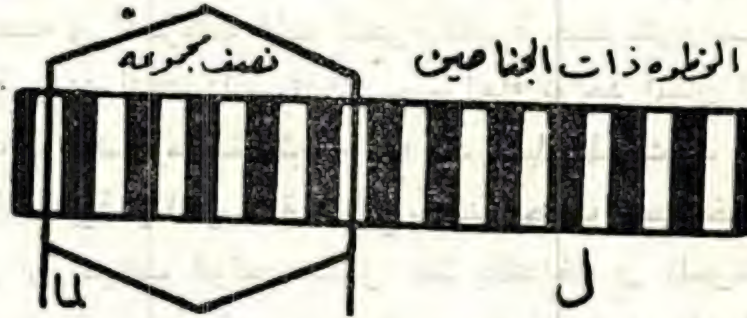
ثانيا إسقاط ملفات المجموعة الأولى للوجه الثانى مباشرة عقب أول الأول والمجموعة الأخيرة للوجه الثالث كما هو موضح في الرسم (هـ) .



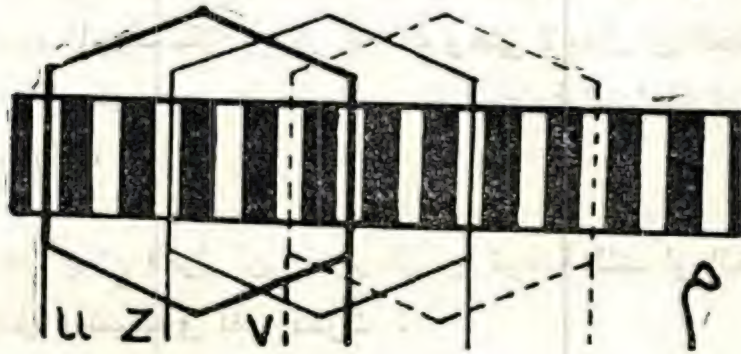
ثالثا بعد إسقاط أول أول ثم آخر الثالث ثم أول الثانى نبدأ في إسقاط الجانب الثانى وهو المجموعة الثانية للوجه الأول يليها المجموعة الأولى للوجه الثالث ونستمر حتى ينتهى إسقاط جميع الملفات كما هو موضح في الرسم (و) .



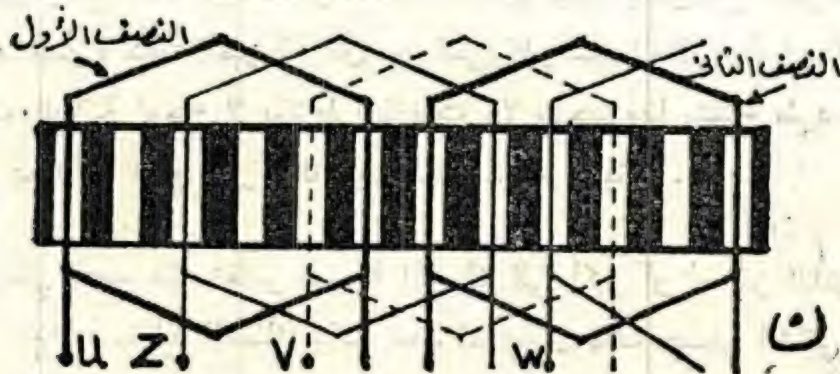
إذا أردنا إسقاط الملفات بطريقة الخطوة ذات الجناحين نجد أن هذه الطريقة لا تنفذ إلا بنوعية اللف الجانب الواحد في المجرى وعلينا أولاً إذا كان عدد ملفات المجموعة للوجه تحت القطب مثلاً ملفين أن نبدأ بإسقاط ملفات نصف المجموعة وهو مثلاً ملف واحد كما هو موضح في الرسم (ل) .



ثانياً : أترك عدد من المجارى يساوى نصف عدد ملفات المجموعة أترك هذه المجارى خالية ثم أسقط بعد ذلك نصف مجموعة الوجه الثالث ثم نصف الوجه الثانى كما هو موضح في الرسم (م) .



ثالثاً : بعد ذلك نبدأ في إسقاط ملفات النصف الثانى للمجموعة الأولى للوجه الأول ثم نصف المجموعة الأولى للوجه الثالث وهكذا يستمر الإسقاط حتى ينتهى اللف للأوجه الثلاثة نصف يمين ونصف يسار كما هو موضح في الرسم (ن) .



استعمال نوعية اللف والخطوة

تستعمل عادة نوعية اللف جانب واحد في المجرى مع نوعية الخطوة المتداخلة خاصة في المحركات ذات القدرة الكبيرة حيث تكون مساحة مقطع السلك كبيرة وعدد لفات الملف قليلة مع مراعاة تواجد المكان الذى يسمح ببروز الملفات دون ضغوط الفطائين عليها عند تقفيل المحرك — اما المحركات ذات القدرة الصغيرة أو المتوسطة لا مانع من لفها جانب واحد بخطوة متداخلة حتى لا يقال أن الجانب الواحد خاص فقط بالمتداخل في المحركات الكبيرة ولكن وجد أن افضل إما أن تلف جانب واحد بخطوة ثابتة أو ذات الجناحين .

تستعمل عادة نوعية اللف جانبيين في المجرى مع نوعية الخطوة ثابتة خاصة في المحركات ذات القدرة الصغيرة حيث تكون مساحة مقطع السلك صغيرة وعدد لفات الملف كثيرة كما تستعمل الخطوة الثابتة في الحالات التى لا يوجد في جسم المحرك مكان لبروز الملفات وحتى لا يقال أن الجانبيين خاصة فقط بالثابتة فإنه يمكن استعمال الجانبيين مع الخطوة المتداخلة اذا كان جسم المحرك يسمح بذلك .

وعلى هذا يمكن القول أن اختيار كل من نوعية اللف أو الخطوة يرجع الى ايهما افضل وانسب في لف المحرك .

في محركات الثلاثة أوجه يمكن اعادة لفه حسب التقسيم الخاص ببياناته التى كان عليها من حيث السرعة ومساحة مقطع السلك وعدد لفات كل ملف وكذا نوعية اللف والخطوة ومقدار الخطوة — كما يمكن عند اعادة لفة تغيير جميع هذه البيانات وتقسيمه تقسيم جديد يتفق مع السرعة الجديدة وقطبيتها سواء كانت أكبر أو أقل من التى كان عليها والسبب في ذلك هو أن محركات الثلاثة أوجه لا ترتبط بمكثفات ولا يوجد بها مفتاح طرد مركزى متوقف عمله في فتح دائرة التقويم عند سرعة معينة .

ولكن يجب عند تغيير سرعة المحرك الى أكبر أو أصغر الالتزام بتغيير كل من مساحة مقطع السلك وكذا عدد لفات كل ملف حسب القانون السابق شرحه والخامس بتغيير سرعة المحركات سواء كانت وجه واحد أو ثلاثة أوجه .

خطوات تقسيم المحرك

عند لف أى محرك يجب استعمال خطوات التقسيم للتعرف على بيانات
اللف .

- ١ — معرفة أو تحديد سرعة المحرك ومنها تحدد عدد أقطاب المحرك .
- ٢ — معرفة عدد المجارى الكلية الخاصة بالمحرك .
- ٣ — إيجاد عدد مجارى كل قطب = عدد مجارى المحرك ÷ عدد الأقطاب = مجرى .
- ٤ — حساب عدد مجارى كل وجه تحت كل قطب = عدد مجارى القطب ÷ عدد الأوجه = مجرى .
- ٥ — تحديد نوعية اما جانب أو جانبيين فى المجرى .
- ٦ — تحديد نوعية الخطوة اما ثابتة أو متداخلة (عادية) أو (ذات الجناحين) .

- ٧ — حساب مقدار خطوة اللف على أساس نوعية الخطوة .
- ٨ — حساب قيمة المجرى بالدرجات = زاوية القطب 180° ÷ عدد مجارى القطب = درجة .
- ٩ — حساب بعد بدايات الأوجه الثلاثة = زاوية الوجه ÷ زاوية المجرى = مجرى .

هذا ويمكن حساب بعد البدايات للأوجه الثلاثة على أساس $\frac{1}{3}$ مجارى القطب أو قسمه عدد مجارى المحرك ÷ ٣ لتوازن بعد البدايات .

مثال

محرك ثلاثة أوجه العضو الثابت ١٢ مجرى وسرعته ٢٨٥٠ لفة/دقيقة

التقسيم

- ١ — سرعة المحرك = ٢٨٥٠ لفة = ٢ قطب
- ٢ — عدد مجارى المحرك الكلية = ١٢ مجرى .
- ٣ — عدد مجارى كل قطب = $12 \div 2 = 6$ مجرى .
- ٤ — عدد مجارى كل وجه تحت كل قطب = $6 \div 3 = 2$ مجرى .
ثم تحدد نوعية اللف ونوعية الخطوة ومقدار الخطوة حسب الشرح السابق .

- ٥ — قيمة المجرى بالدرجات = $180^\circ \div 6 = 30^\circ$ درجة .
- ٦ — بعد بدايات الأوجه الثلاثة = $120^\circ \div 30^\circ = 4$ مجرى .
أو حسابها على أساس $\frac{1}{3}$ مجارى القطب = $6 \times \frac{1}{3} = 4$ مجرى .
أو على أساس مجارى المحرك ÷ ٣ = $12 \div 3 = 4$ مجرى .

كيف تحدد أطراف التوصيل الخارجة من محرك ثلاثة أوجه

كثيرا ولظروف ما تمر بالمحرك تنعدم فيها معالم أطراف التوصيل للدوائر الثلاثة بالمحرك ويصعب مع هذا تحديد رموز الأطراف الستة الخارجة من المحرك لنوصلها إما نجمة أو دلتا — لهذا السبب ومن الأدوات والأجهزة والعمليات الآتية يمكن التعرف على أطراف كل وجه من الأوجه الثلاثة وتحديد رموزها .

الأدوات والأجهزة المستعملة

- ١ — مصباح اختبار مناسب مع التأكد من صلاحيته .
- ٢ — محول كهربى ٢٢٠ فولت يعطى ١١٠ فولت ثانوى فى حدود قدرة (٥٠٠ وات) .
- ٣ — جهاز فولت تبار متغير يقرأ من صفر الى ٢٢٠ فولت بتدريج سهل القراءة .

العمليات المنفذة

- ١ — بواسطة مصباح الاختبار يمكن تحديد طرفى كل دائرة من دوائر المحرك الثلاثة — ثم رقم الدائرة الأولى وهى أى دائرة تختارها برقم (١ — ١) والدائرة الثانية وهى أيضا يمكن اختيارها برقم (٢ — ٢) والدائرة الثالثة وهى الباقية برقم (٣ — ٣) كما هو مبين بالرسم .
- ٢ — وصل طرفى الدائرة الأولى (١ — ١) بطرفى خرج المحول وهو الثانوى ١١٠ فولت دون أن توصل المحول على الينبوع حسب الرسم .
- ٣ — صل طرفى الدائرة الثانية والثالثة برقم (٢ ، ٣) بالتوالى مع بعضهما ثم وصل الطرفين رقم (٢ ، ٣) بطرف جهاز الفولت حسب الرسم .
- ٤ — بعد تنفيذ هذه العمليات وصل طرفى التغذية للمحول .

٥ - إذا قرأ جهاز الفولت عند توصيل المحول على التيار يكون هذا الوضع غير مطلوب وعلى هذا بدل رقم (٢ ، ٣) بحيث يوصل رقم (٣) مع (٢) ثم وصل رقم (٢) مع جهاز الفولت بدلا من رقم (٢) بعد هذا التبديل في توصيل الأطراف مع التأكد من سلامة جميع التوصيلات يجب عند توصيل المحول على التيار أن لا يقرأ جهاز الفولت وهو الوضع المطلوب والرسم يوضح هذه العملية .

٦ - بعد تنفيذ العملية السابقة والتأكد منها ومن عدم تراءة جهاز الفولت افصل التيار عن المحول ثم أعطى طرف الدائرة الثانية والمتصل بجهاز الفولت حرف B والطرف الآخر لنفس الدائرة وهو المتصل مع طرف الدائرة الثالثة حرف B ثم أعطى طرف الدائرة الثالثة والمتصل بجهاز الفولت حرف C والطرف الآخر والمتصل مع الدائرة الثانية حرف C كما هو بالرسم .

٧ - بعد اعطاء الرموز السابقة للأطراف افصل طرفى الدائرة الثالثة وهى C-C من طرفى الدائرة الثانية وجهاز الفولت ثم وصل طرفى الدائرة الثالثة بطرفى خرج المحول ١١ فولت بدلا من طرفى الدائرة الأولى - وصل طرفى الدائرة الأولى مع الدائرة الثانية وجهاز الفولت أى مكان طرفى الدائرة الثالثة مع ثبات طرفى الثانية فى مكانهما .

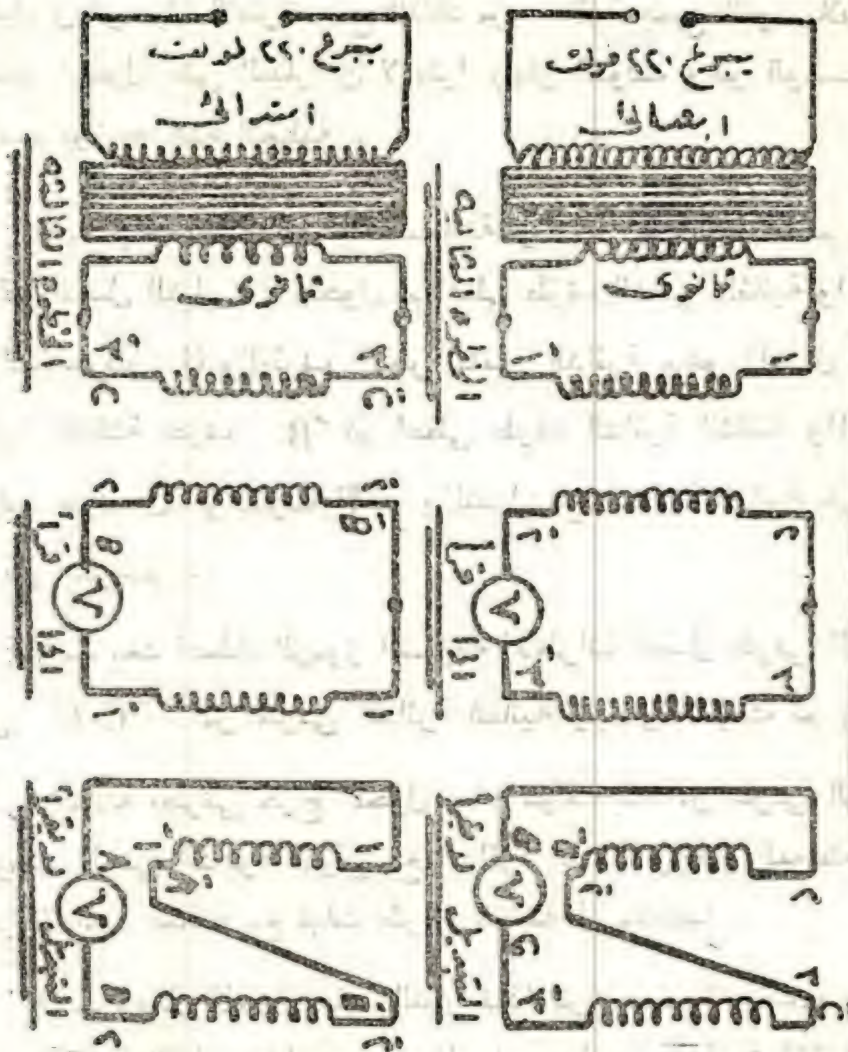
٨ - وصل المحول على التيار فاذا قرأ جهاز الفولت وجب تعديله طرفى الدائرة الأولى فقط مع عدم المساس بطرفى الدائرة الثانية وفى هذه الحالة يجب أن لا يقرأ جهاز الفولت وهو المطلوب .

٩ - بعد تنفيذ العملية رقم ٨ السابقة وبعد التأكد من عدم قراءة جهاز الفولت أعطى طرف الدائرة الأولى والمتصل مع جهاز الفولت حرف A والطرف الآخر والمتصل مع الدائرة الثانية حرف A .

بهذا يكون عن طريق تنفيذ العمليات السابقة بكل دقة والموضح بالرسومات لكل خطوة يمكننا تحديد طرفى كل وجه من الأوجه الثلاثة فى المحرك واعطاء الرموز لها التى تسهل عملية توصيل المحرك بطريقة النجم أو دلتا .

عمليات تحديد اطراف المحرك

ثلاثة أوجه



تحديد اطراف المحرك

- الحرف A هو U والحرف A هو X
- الحرف B هو V والحرف B هو Y
- الحرف C هو W والحرف C هو Z

ملاحظات وارشادات هامة

في لف الحركات

عند تقسيم المحرك للوجه نجد أن كل وجه له عدد من المجموعات والمجموعة هي عبارة عن عدد ملفات مجارى الوجه تحت كل قطب، ويختلف عدد هذه المجموعات في اللف إذا كان نوعه جانب واحد عن عددها إذا كان اللف جانبيين في المجرى حيث نجد الآتى :

١ — إذا كان اللف جانب واحد في المجرى يكون عدد مجموعات كل وجه يساوى نصف عدد أقطاب المحرك أى إذا كان المحرك أربعة أقطاب كان عدد مجموعات الوجه اثنين وعلى هذا يكون توصيل هذه المجموعات مع بعضها على أساس نهاية المجموعة الأولى مع بداية المجموعة الثانية على أن يستمر هذا التوصيل نهاية مع بداية حسب عدد المجموعات بحيث يبقى في النهاية بداية المجموعة الأولى كبداية وجه ونهاية المجموعة الأخيرة كنهاية وجه .

٢ — إذا كان اللف جانبيين في المجرى يكون عدد مجموعات كل وجه يساوى عدد أقطاب المحرك وعلى هذا يكون توصيل هذه المجموعات مع بعضها على أساس نهاية المجموعة الأولى مع نهاية المجموعة الثانية وبداية الثانية مع بداية الثالثة وهكذا حتى يبقى لنا بداية المجموعة الأولى بداية وجه وبداية المجموعة الأخيرة نهاية وجه .

٣ — يراعى تحديد بداية المجموعة الأولى لكل وجه على أساس حساب عدد البدايات بين الأوجه الثلاثة .

٤ — عندما نستعمل قيمة الخطوة تطبيقية فقط جانب واحد في المجرى يكون نوع الخطوة ذات الجناحين وهنا تضاعف عدد المجموعات وتساوى عدد الأقطاب مع أن اللف جانب واحد وعلى هذا يكون توصيل المجموعات نهاية مع نهاية وبداية مع بداية كما يحدث هذا الوضع في الحركات ذات القطبين وسبب التضاعف هو قسمة المجموعة .

محركات الثلاث أوجه الشاذة

تعريف المحرك :

- هو المحرك ذو التوزيع الخاص لملفات الأوجه الثلاثة حيث الآتى :
- ١ — فى المحرك العادى نجد أن جميع مجموعات الأوجه متساوية فى عدد المجارى ولكن فى المحرك الشاذ نجد مجموعات الوجه بعضها متساوى والبعض غير متساوى فى عدد المجارى .
 - ٢ — فى المحرك العادى نجد جميع الملفات سواء فى الخطوة الثابتة أو المتداخلة بمقدار واحد ولكن فى المحرك الشاذ نجد فى بعض الحالات المقدار للخطوة واحد وفى البعض الآخر نجد أكثر من خطوة .
- معنى هذا أن المحرك الواحد نجد فيه ملفات بمقدار خطوة وملفات بمقدار آخر فى نفس المحرك .

الأسباب :

أولاً — فى بعض المحركات نجد أن عدد المجارى الكلية فردى العدد مثل (٩ ، ٢٧ ، ٤٥) هذا النوع من المحركات عند لفة بأى عدد من الاقطاب يعتبر شاذ والسبب هو تواجد كسر من المجرى فى كل من عدد مجارى القطب وعدد مجارى الوجه تحت القطب مثلاً محرك ٢٧ مجرى ٤ اقطاب نجد أن عدد مجارى القطب $27 \div 4 = 6\frac{3}{4}$ مجرى وعدد مجارى الوجه تحت القطب $6\frac{3}{4} = 3 = 6\frac{3}{4}$ مجرى .

ثانياً — بعض المحركات نجد أن عدد المجارى الكلية زوجى العدد ولكن عند لفة بقطبية معينة نجده يعتبر شاذ مثلاً محرك ١٨ مجرى زوجى العدد ولكن عند تقسيمه ٤ اقطاب نجد أن عدد مجارى القطب $18 \div 4 = 4\frac{1}{2}$ مجرى وعدد مجارى الوجه تحت القطب $4\frac{1}{2} = 3 = 4\frac{1}{2}$ مجرى .

ثالثاً — هناك محركات عدد المجارى زوجى وتعتبر شاذة عند لفها بقطبية معينة ولكن نجد أن عدد مجارى القطب ليس به كسر واكس عند حساب عدد مجارى الوجه تحت القطب يحدث تواجد الكسر مثلاً محرك ٢٤ مجرى ٦ اقطاب عدد مجارى القطب $24 \div 6 = 4$ مجرى ولكن عدد مجارى الوجه تحت القطب $4 \div 3 = 1\frac{1}{3}$ مجرى .

من هذا الشرح نجد أن تواجد الكسر دائم فى عدد مجارى الوجه تحت القطب ولعلاج هذا الكسر سمي المحرك بالشاذ حيث يحتاج الى معالجة لهذا الكسر بالتوزيع الخاص للملفات كما سبق فى تعريف المحرك .

من الشرح السابق نقول أن الكسر الذى يتواجد فى عدد مجارى القطب لا يهم ولكن الذى يهمنا هو الكسر الموجود فى عدد مجارى الوجه تحت القطب فإذا كان هذا الكسر $\frac{1}{4}$ مع رقم صحيح فى هذه الحالة يمكن اختيار نوعية من أربع نوعيات للـ الف المحرك كما هو موضح فى انفرادات الـ الف .

أما إذا كان الكسر الموجود فى عدد مجارى الوجه تحت القطب خلاف $\frac{1}{4}$ مثلا ($\frac{1}{2}$ ، $\frac{1}{3}$) فى هذه الحالة لا توجد غير نوعية واحدة للـ الف المحرك وهى عن طريق الجدول الخاص كما هو موضح فى انفرادات الـ الف .

مثال

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ويراد تقسيمه ٤ أقطاب

عدد مجارى القطب = $18 \div 4 = 4.5$ مجرى .

عدد مجارى الوجه تحت القطب = $4.5 \div 4 = 1.125$ مجرى

فى هذا المحرك ٤ نوعيات للـ الف لأن الكسر $\frac{1}{4}$.

أما بالنسبة لخطوة الـ الف تحسب عند اختيار نوعية الـ الف على أساس

أما (٥) ثابتة أو متداخلة (٤ — ٦) أو (٥) للمفات (٦) للمفات أخرى .

مثال آخر

محرك ثلاثة أوجه ٢٧ مجرى ويراد تقسيمه ٦ أقطاب :

عدد مجارى القطب = $27 \div 6 = 4.5$ مجرى .

عدد مجارى الوجه تحت القطب = $4.5 \div 3 = 1.5$ مجرى .

أيضا هذا المحرك له ٤ نوعيات للـ الف لأن الكسر $\frac{1}{4}$.

إذا كان هذا المحرك يراد تقسيمه ٤ أقطاب :

نجد عدد مجارى الوجه تحت القطب = $4.5 \div 3 = 1.5$ مجرى .

فى هذه الحالة نجد الكسر $\frac{1}{4}$ وعلى هذا يلف المحرك بنوعية واحدة

حسب الجدول الخاص باسقاط الملفات أما الخطوة تحسب (١ — ٧) فقط .

أما المجارى الكلية وتوزيعها على أربعة أقطاب على أساس (٢٢٥ زى)
 مجرى (تحت كل قطب وتعديل هذا الوضع هو رفع ($\frac{1}{4}$ مجرى) من ثلاثة
 أقطاب وتضاف الى القطب الرابع فيصبح (٣ مجرى) بدلا من (٢٢٥ زى)
 مجرى (ويصبح عدد مجارى الوجه تحت الأقطاب الأول والثانى والثالث
 (٢ مجرى فقط) ويطبق هذا الوضع بالنسبة للأوجه الثلاثة .
 ٤ — حالة أخرى بالنسبة لمحرك ثلاثة أوجه يحتوى على ٢٤ مجرى
 ٦ أقطاب (فى هذا المحرك سنجد الكسر خلاف $\frac{1}{6}$ وهو $\frac{1}{4}$ وله طريقة واحدة) .

التقسيم

- عدد مجارى القطب = $24 \div 6 = 4$ مجرى .
- عدد مجارى الوجه تحت القطب = $4 \div 3 = 1\frac{1}{3}$ مجرى .
- مقدار المجرى بالدرجات = $180^\circ \div 4 = 45^\circ$ درجة كهربية .
- بعد المداخل = $120^\circ \div 45 = 2\frac{2}{3}$ مجرى تعدل الى ٣ مجرى .

التعليق والتعديل

فى هذا المحرك نجد أن عدد مجارى القطب سليمة وهى (٤ مجرى)
 وكذا خطوة اللف نجدها سليمة وهى (١ — ٥) أما عدد مجارى الوجه تحت
 القطب نجدها ($1\frac{1}{3}$ مجرى) والتصرف فى هذا الوضع هو رفع ($\frac{1}{4}$ مجرى)
 من أربعة أقطاب وإضافة ($\frac{1}{4}$ مجرى) الى القطب الخامس فيصبح (٢
 مجرى) وإضافة $\frac{2}{3}$ مجرى الى القطب السادس فيصبح (٢ مجرى) على
 هذا يكون تم توزيع عدد (٨ مجرى) وهى الخاصة لكل وجه كامل على
 (٦ قطب) بالترتيب :

الوجه الأول (٢ — ٢ — ١ — ١ — ١ — ١) مجرى

الوجه الثالث (٢ — ٢ — ١ — ١ — ١ — ١) مجرى

الوجه الثانى (١ — ١ — ١ — ٢ — ٢ — ١) مجرى

وهذا التوزيع على أساس بعد مداخل التيار الذى عدل من ($2\frac{2}{3}$
 مجرى) الى (٣ مجرى) ويلاحظ أن هذه العملية تحتاج الى جهود وعناية
 كبيرة حتى لا تحدث أخطاء والرسم الخاص بالانفرادات يوضح هذا .

حساب لف محركات الثلاثة أوجه

فى الوجه الواحد تكون الآلة بها دائرة كهربية واحدة وفيها الآتى :

ضغط الخط = ضغط الوجه .

وبذلك تكون القدرة مع اعتبار معامل القدرة

$$\text{ض} \times \text{ش} \times \text{جناه} = \text{وات}$$

أما في حالة الثلاثة أوجه يكون المحرك به ثلاثة دوائر كهربية كل منها مستقل عن الآخر ثم يتم توصيل الدوائر الثلاثة مع بعضها إما بطريقة النجمة أو بطريقة الدلتا وتكون الزاوية للوجه بين الضغوط في الثلاثة دوائر (١٢٠ درجة) .

في حالة توصيل المحرك دلتا يكون الوضع كالآتي :

$$\text{ض} = \text{ض}_1$$

أما تيار الخط (ش) فهو محصلة تيارى دائرتين :

$$\therefore \text{ش} = \text{ش}_1 \sqrt{3}$$

في حالة توصيل المحرك نجمة يكون الوضع كالآتي :

$$\text{ش} = \text{ش}_1$$

أما ضغط الخط (ض) فهو محصلة ضغطى دائرتين .

$$\therefore \text{ض} = \text{ض}_1 \sqrt{3}$$

وعلى هذا تكون القدرة الكهربائية في الثلاثة أوجه كالآتي :

$$\text{القدرة} = \sqrt{3} \text{ض ش جناه} = \text{وات}$$

وهكذا يمكن تحديد قيمة القدرة عن طريق الحسابات السابقة وكلها معلومة ويمكن التعرف عليها ولكن في بعض الحالات تفقد معلومات المحرك وتصبح قدرته مجهولة فهل يمكن معرفة قدرة المحرك بطريق حسابى وعملى ومن واقع حديد المحرك هذا هو الجديد بدرجة لا تقل عن ٩٠٪ من القدرة الأساسية للمحرك وحسب ظروف تصنيع المحرك .

تحديد قيمة القدرة

إذا كانت قدرة المحرك غير معلومة لسبب ما فيمكن تقديرها بالحساب

الآتى :

- ١ — أوجد عدد الجارى الكلية للمحرك .
- ٢ — أوجد عرض السنة الحديد بالسنتيمتر مع الدقة الكبيرة فى القياس .
- ٣ — أوجد طول الجرى بالسنتيمتر حسب رقائق العضو الدائر .

٤ — قيمة ضغط الينبوع الذي يعمل عليه المحرك (٣٨٠ فولت
نجمة) .

٥ — قيمة الفيض المغناطيسى للوحدة المربعة بالسنتيمتر ويمكن
اعتبارها كالاتى :

(ا) المحركات اقل من واحد كيلوات استعمل (٩٥٠٠ خط)
للسنتيمتر المربع الى (١٠٠٠٠ خط) .

(ب) المحركات من واحد الى ثلاث كيلوات (٩٠٠٠ خط) .

(ج) المحركات من ثلاثة الى خمسة كيلوان (٨٥٠٠ خط) .

(د) المحركات اكبر من خمسة كيلوان (٧٥٠٠ خط) .

٦ — استعمل الأرقام الثابتة (١٢ — ١٥٠٠ — ١٠) .

٧ — اذا كان معامل القدرة غير معلوم يمكن اعتباره (٠.٧٠ — ٠.٧٣ .

— ٠.٨٠ — ٠.٨٥ — ٠.٩٠) ويكون الفرق تصاعدى كلما نقصت القدرة
أى اذا كان المحرك أكثر من خمسة كيلوات يكون المعامل (٠.٧٠) واذا كان
أقل من واحد كيلوات يكون معامل القدرة (٠.٩٠) .

لتنفيذ العمليات الحسابية بالبيانات السابقة ابدأ الآتى :

اقسم عدد الجارى الكلية للمحرك على الرقم الثابت (١٢) = مجرى

ناتج القسمة السابق \times عرض السنة \times طول المجرى = مساحة حديد

بعد ذلك أوجد مربع مساحة الحديد التى حصلت عليها فى العملية

السابقة .

∴ القدرة =

مربع الحديد \times الفيض المغناطيسى للوحدة \times الضغط \times سرعة المحرك

= وات

$$1000 \times 10$$

مثال

محرك تيار متغير ثلاثة أوجه يعمل على ضغط ٣٨٠ فولت وموصل

بطريقة النجمة يحتوى على ٢٤ مجرى وفيه عرض السنة الجديد ٧ سم

وطول المجرى ٨٨ سم وسرعته ١٥٠٠ لفة/دقيقة والمطلوب معرفة قيمة

قدرة هذا المحرك .

الحل

$$\text{عدد المجارى المطلوب} = \text{عدد المجارى الكلية} \div ١٢ = ٢٤ \div ١٢ = ٢ \text{ مجرى}$$

$$\text{مساحة الحديد المطلوبة} = \text{عدد المجارى المطلوب} \times \text{عرض السفينة} \times \text{طول المجرى}$$

$$= ٢ \times ٠.٧ \times ٨٨ = ١٢٣.٢ \text{ سم}^٢$$

$$\text{مربع الحديد المطلوب} = ١٢٣.٢ \times ١٢٣.٢ = ١٥١٧٨.٢$$

$$\text{قيمة القدرة} =$$

$$\frac{\text{مربع الحديد} \times \text{الفيض المغناطيسى} \times \text{الضغط} \times \text{سرعة المحرك}}{١٠ \times ١٥٠٠}$$

$$= \frac{١٥٠٠ \times ٣٨٠ \times ٩٥٠٠ \times ١٥١٧٨.٢}{١٠ \times ١٥٠٠} = ٥٥.٠ \text{ وات}$$

عند اختيار قيمة الفيض المغناطيسى للوحدة المربعة رغم عدم معرفة قيمة القدرة يختار الرقم المناسب لتقدير قدرة المحرك في البداية فمثلا في المثال السابق اختير الرقم (٩٥٠٠ خط) تقديريا لحجم المحرك وقدرته وبعد تنفيذ العمليات الحسابية وجدت أن قدرة المحرك (٥٥.٠ وات) وبذلك يكون اختيار قيمة الفيض المغناطيسى مناسبة لأنها للمحركات التى أقل من واحد كيلوات كما بينا سابقا .

حساب مساحة مقطع السلك

بعد التمكن من معرفة وتحديد قيمة قدرة المحرك اذا كانت مجهولة يمكن أيضا التوصل الى معرفة قيمة مساحة مقطع السلك المستعمل فى لف هذا المحرك المجهولة بياناته بعد التوصل من معرفة الآتى :

- ١ — قدرة المحرك بالوات .
- ٢ — قيمة ضغط الينبوع الذى يعمل عليه المحرك فى حالة توصيله نجمة .
- ٣ — قيمة معامل القدرة واذا تعذر معرفته استعمل الرقم المناسب لقدرة المحرك (من ٠.٧ الى ٠.٩) .

٤ — كثافة التيار لكل مم^٢ ويمكن استعمال (٥ أمبير) .

٥ — جذر ثلاثة وهو (١.٧٣٢) .

من هذه البيانات السابقة والتي يمكن التعرف عليها يمكن تحديد أولا قيمة الأمبير في سلك المحرك ثم بعد ذلك الحصول على مساحة مقطع السلك اللازم ثم من الجدول الخاص بأسلاك ألف يمكن تحديد قطر السلك المناسب لمساحة المقطع التي حصلنا عليها .

$$\text{قيمة الأمبير} = \frac{\text{القدرة بالوات}}{\text{جذر ثلاثة} \times \text{الضغط} \times \text{معامل القدرة}} = \text{أمبير}$$

مثال

محرك تيار متغير ثلاثة أوجه قدرته ٣ر٥ كيلوات يعمل على ضغط ٣٨٠ فولت وهو موصل بطريقة نجمة ومعامل قدرته ٠.٨ . والمطلوب معرفة مساحة مقطع السلك المستعمل في لفه .

الحل

$$\text{قدرة المحرك بالوات} = ٣٥٠٠ = ١٠٠٠ \times ٣ر٥ \text{ وات}$$

$$٣٥٠٠$$

$$\text{قيمة الأمبير} = \frac{٣٥٠٠}{١.٧٣٢ \times ٣٨٠ \times ٠.٨} = ٦٦٤ \text{ أمبير}$$

$$\text{مساحة مقطع السلك} = ٥ \div ٦٦٤ = ١٣٢ \text{ سم}^٢$$

يقابلها قطر (١٣ مم) وفي هذه الحالة يمكن لف ألف بسلك مساحة مقطعه نصف المساحة السابقة مزدوج أى بقطر (٩.١ مم) إذا تعذر استعمال السلك الأول لكبر قطره وضيق فتحة المجرى بالمحرك .

محرك تيار متغير ثلاثة أوجه قدرته ٥ر٥ كيلوات يعمل على ضغط ٣٨٠ فولت موصل دلتا ومعامل قدرته ٠.٧٣ . والمطلوب معرفة قطر السلك المستعمل في لفه .

الحل

قدرة المحرك بالوات = $٥٥ = ١٠٠٠ \times ٥٥$ وات

ضغط المحرك في حالة نجمة = ٦٦٠ فولت

$$\text{قيمة الأمبير} = \frac{٥٥٠٠}{١٧٣٢ \times ٦٦٠ \times ٠.٧٣} = ٦٧ \text{ أمبير}$$

$$\text{مساحة مقطع السلك} = ٦٧ \div ٥ = ١٣٤ \text{ مم}^2$$

من جدول اسلاك اللف نجد ان هذه المساحة لمقطع السلك وهى (١٣٤ مم^٢) يقابلها (١٣ مم) كقطر السلك ويمكن كما هو فى المثال السابق استعمال سلك مزدوج بنصف مساحة المقطع أى بقطر (٨٥ مم) .
تنبيه : استعمال قيمة الضغط (٣٨٠ فولت) فقط فى قانون تحديد القدرة أما قانون تحديد قطر السلك وعدد اللفات استعمال قيمة الضغط الذى يعمل عليه المحرك نجمة فعلا .

لم يبق بعد التعرف على قدرة المحرك ومساحة مقطع السلك المستعمل فى لف ملفاته غير التعرف على عدد لفات الملف وبذلك تكون جميع بيانات المحرك المفقود قد اكتملت ويمكن على ضوءها البدء فى لف المحرك ولكى تحصل على عدد لفات الملف علينا أن نحصل أولا على البيانات الآتية ونفيها ما سبق معرفته :

- ١ - قيمة ضغط الينبوع الذى يعمل عليه المحرك نجمة .
- ٢ - قيمة التردد لهذا الينبوع .
- ٣ - قيمة الفيض المغناطيسى للوحدة المربعة بالسنتيمتر ويمكن اعتبارها كالآتى :

- (أ) محركات أقل من واحد كيلوات (٩٥٠٠ خط) لكل سنتيمتر مربع .
- (ب) محركات من كيلوات واحد الى ثلاثة كيلوات (٩٠٠٠ خط) .
- (ج) محركات من ثلاثة الى خمسة كيلوات (٨٥٠٠ خط) .
- (د) محركات أكثر من خمسة كيلوات (٧٥٠٠ خط) .

- ٤ — استعمال الأرقام الثابتة (٩٧.٠ ، ٤٤٤ ، ١٥٠٠ ، ١٠^٨) .
 - ٥ — سرعة المحرك لفة/دقيقة .
 - ٦ — عدد المجارى الكلية للمحرك .
 - ٧ — عدد ملفات الوجه الواحد كاملة .
 - ٨ — قيمة معامل الف ويمكن تحديده من الجدول حسب حالة المحرك .
 - ٩ — مقدار عرض السنة الحديد .
 - ١٠ — طول المجرى .
- من البيانات السابقة يمكن تجميع القانون وحساب عدد لفات الملف على أساس الآتى :
- عدد لفات ملف الوجه الواحد =
- $$٩٧.٠ \times \text{الضغط للمحرك} \times ١٥٠٠ \times ١٠^٨$$

$$٤٤٤ \times \text{التردد} \times \text{الفيض المغناطيسى الكلى} \times \text{معامل الف} \times \text{السرعة}$$

طريقة الحصول على معامل الف

- قبل تطبيق القانون السابق وهو الخاص بمعرفة عدد لفات الملف يجب التعرف على كيفية الحصول على معامل الف حيث أنه جزء من القانون .
- ١ — من عدد مجارى الوجه تحت القطب يتكون عندنا من هذا العدد الرقم الرأسى وهو على يمين الجدول .
 - ٢ — من ضرب عدد مجارى الوجه تحت القطب فى عدد الأقطاب يتكون عندنا من هذا الرقم الأفقى وهو الموجود فى أعلى الجدول .
 - ٣ — المربع الذى نحصل عليه من تقاطع كل من الرقم الرأسى مع الرقم الأفقى يكون الرقم الذى بداخله يمثل قيمة معامل الف المطلوب لهذا المحرك .

طريقة الحصول على الفيض المغناطيسى الكلى

- ١ — حدد قيمة الفيض للوحدة المربعة بالنسبة لقدرة المحرك حسب ما هو موضح سابقا .
- ٢ — أوجد عدد المجارى الكلية التى تخص وجه واحد من الثلاثة أوجه

∴ قيمة الفيض المغناطيسى الكلى المطلوب = عدد مجارى الوجه
الواحد × عرض السنة × طول المجرى × الفيض المغناطيسى للوحدة =
خط مغناطيسى .

محرك تيار متغير ثلاثة أوجه قدرته ٥ كيلوات يعمل على ضغط ٢٨٠
فولت موصل نجم تردد التيار ٥٠ ذبذبة يتكون المحرك من ٣٦ مجرى وسرعته
١٤٥٠ لفة/دقيقة فيه عرض السنة الحديد ٠.٨ سم وطول المجرى ١٤ سم
والمطلوب معرفة عدد لفات الملف الواحد كاملا .

عدد مجارى الوجه الواحد الكلية = $36 \div 3 = 12$ مجرى
قيمة الفيض الكلى = $12 \times 0.8 \times 14 \times 8500 = 1152000$ خط
عدد ملفات الوجه الواحد = $12 \div 2 = 6$ ملفات
عدد مجارى الوجه تحت القطب = $12 \div 4 = 3$ مجرى (الرقم
الرأسى لمعامل اللف) .

∴ الرقم الأفقى = $3 \times 4 = 12$
من الجدول الخاص بمعامل اللف نجد أن تقاطع الرقم الرأسى (٣) مع
الرقم الأفقى (١٢) يعطى المربع الذى بداخله رقم (٨٣.٠) وهو معامل
اللف المطلوب .

بعد الحصول على نتائج العمليات السابقة نضع القانون ثم نعوض
بالأرقام .

$$\begin{aligned} & \text{عدد الملفات الكلية للوجه الواحد} = \\ & 0.97 \times \text{ضغط الينبوع للمحرك} \times 1500 \times 10^8 \\ & \frac{444 \times \text{التردد} \times \text{الفيض الكلى} \times \text{معامل اللف} \times \text{السرعة}}{0.97 \times 380 \times 1500 \times 10^8} = \\ & \frac{444 \times 50 \times 1152000 \times 83.0 \times 1450}{10^8} = 178 \text{ لفة} . \end{aligned}$$

∴ عدد لفات الملف الواحد = عدد لفات ملفات الوجه الكلية ÷ عدد
الملفات للوجه .

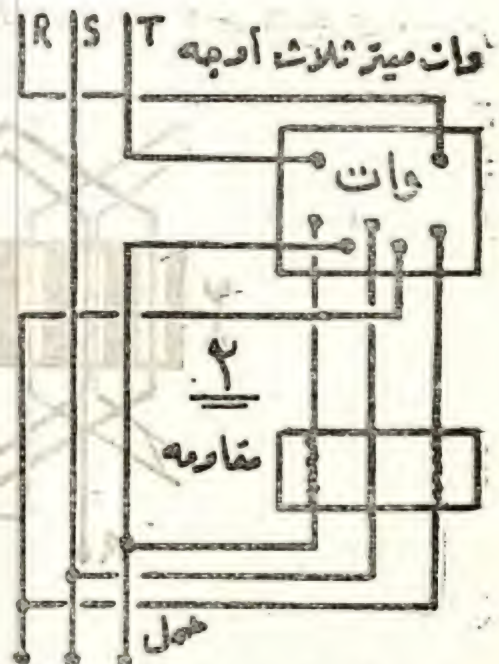
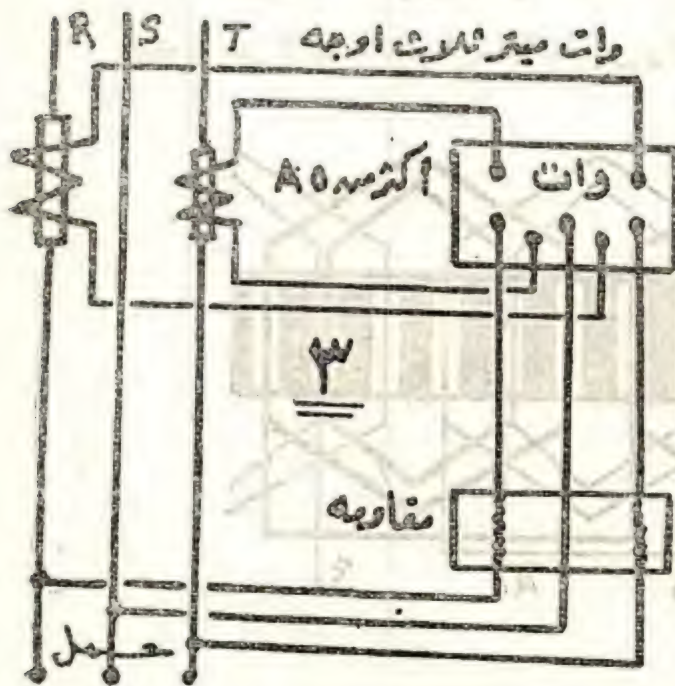
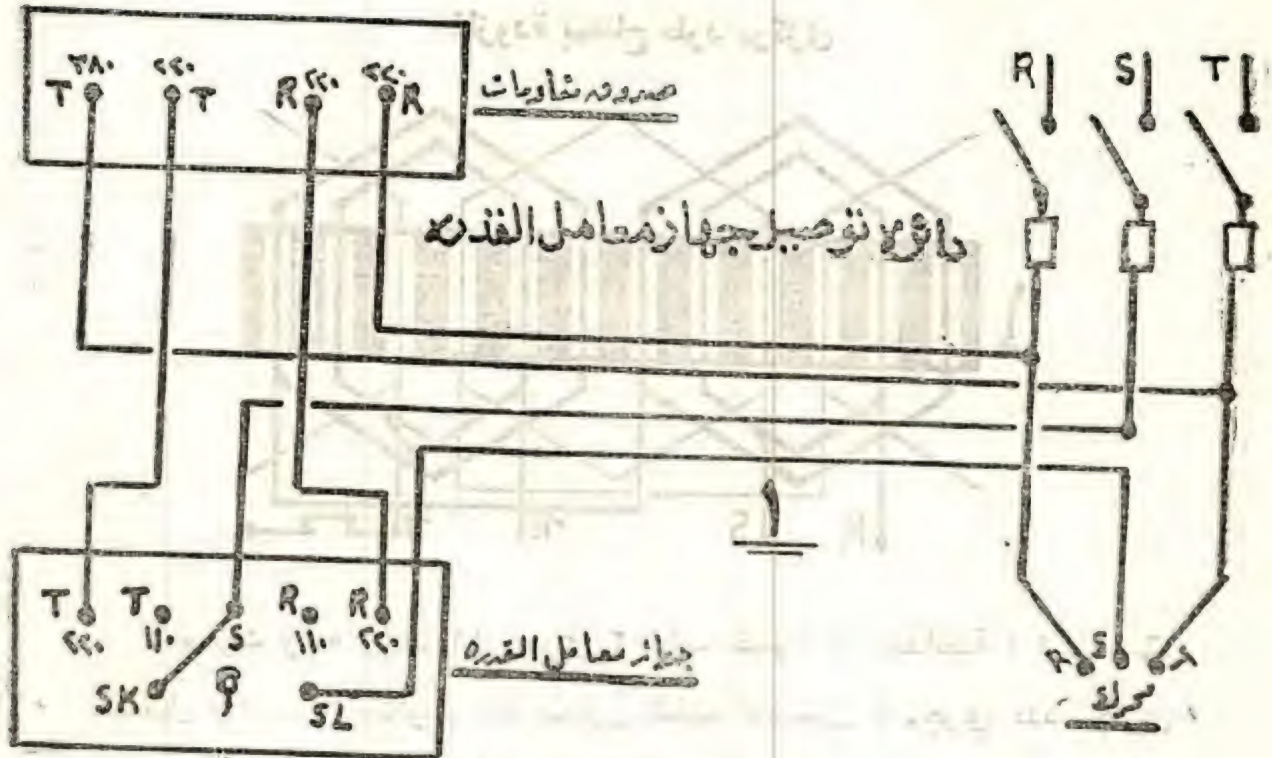
$$\begin{aligned} & = 178 \div 6 = 29.6 \text{ لفة} . \\ & = 30 \text{ لفة} . \end{aligned}$$

جدول تحديد قيمة معامل الف

احسابات محرکات تيار متغير ثلاثة أوجه

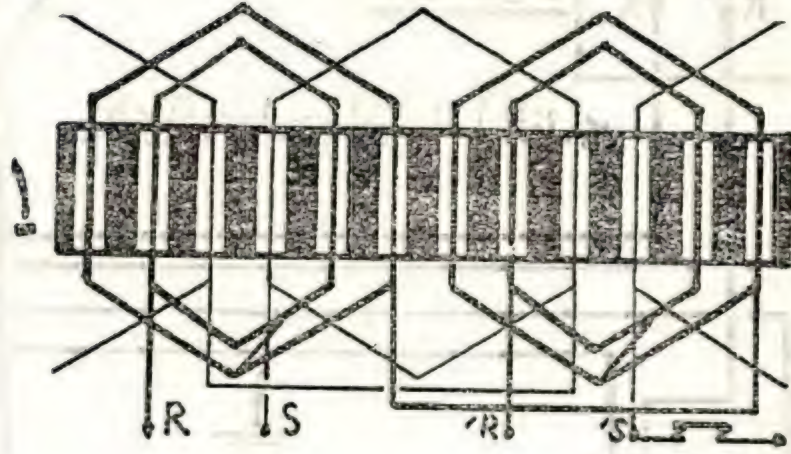
[illegible]

طرق توصيل جهاز وات ومعامل القدرة

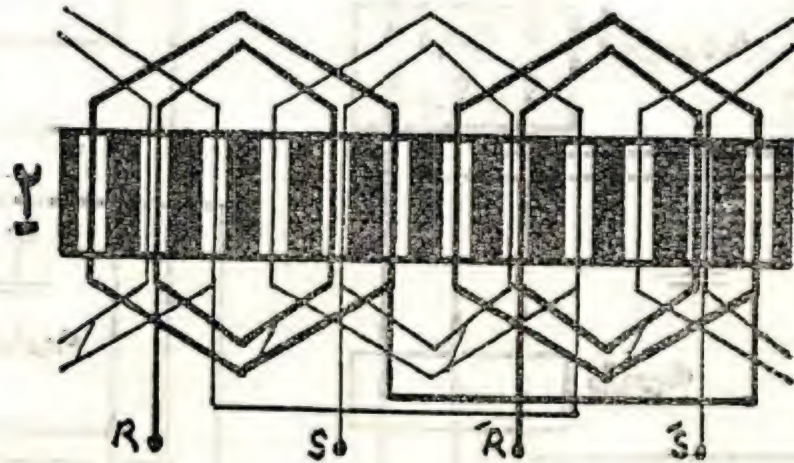


انفرادات لف وحركات الوجه الواحد

المزودة بمفتاح طرد مركزي



محرك وجه واحد ١٢ مجرى ٢ قطب خطوة لف متداخلة (٦-٤-١)
تشغيل (٦ - ١) تقويم عدد مجارى قطب التشغيل ٤ مجرى عدد مجارى
قطب التقويم ٢ مجرى خطوة الملف الأصفر تشغيل = مجارى قطب
التقويم $٢ + ٢ = ٤$ مجرى والملف الثانى $٢ + ٤ = ٦$ مجرى .



محرك وجه واحد ١٢ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٦ - ٤ - ١) لكل
من التشغيل والتقويم .

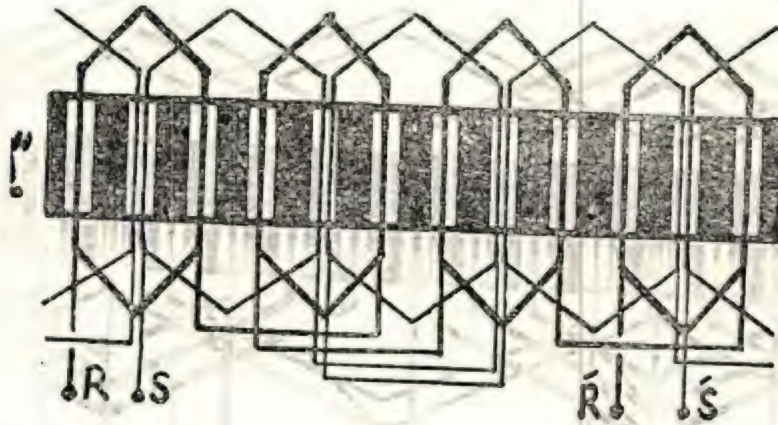
هذا المحرك يشترك التقويم مع التشغيل فى مجرى تحت كل قطبه

محرك وجه واحد ١٢ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٣ - ١) تشفير

(١ - ٤) تقويم .

عدد مجارى قطب التشفير ٢ مجرى

عدد مجارى قطب التقويم واحد مجرى

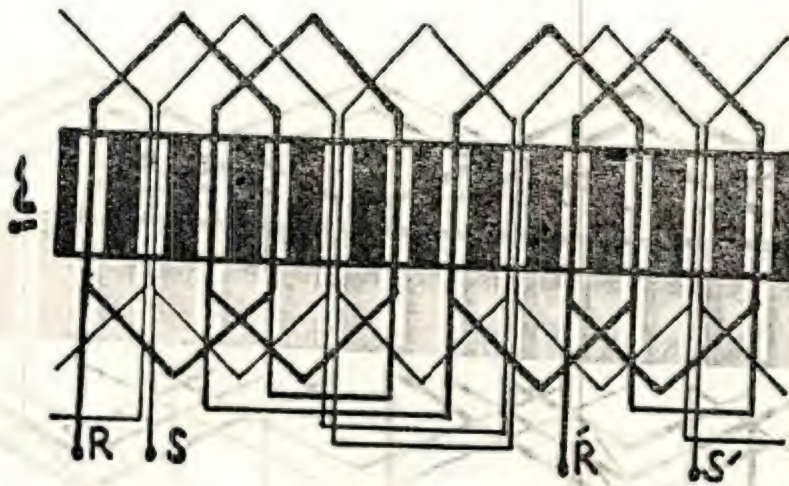


محرك وجه واحد ١٢ مجرى ٤ قطب خطوة لف (١ - ٤) لكل من

التشفير والتقويم .

هذا المحرك تم تعديل خطوة التشفير من (٣ - ١) الى (١ - ٤)

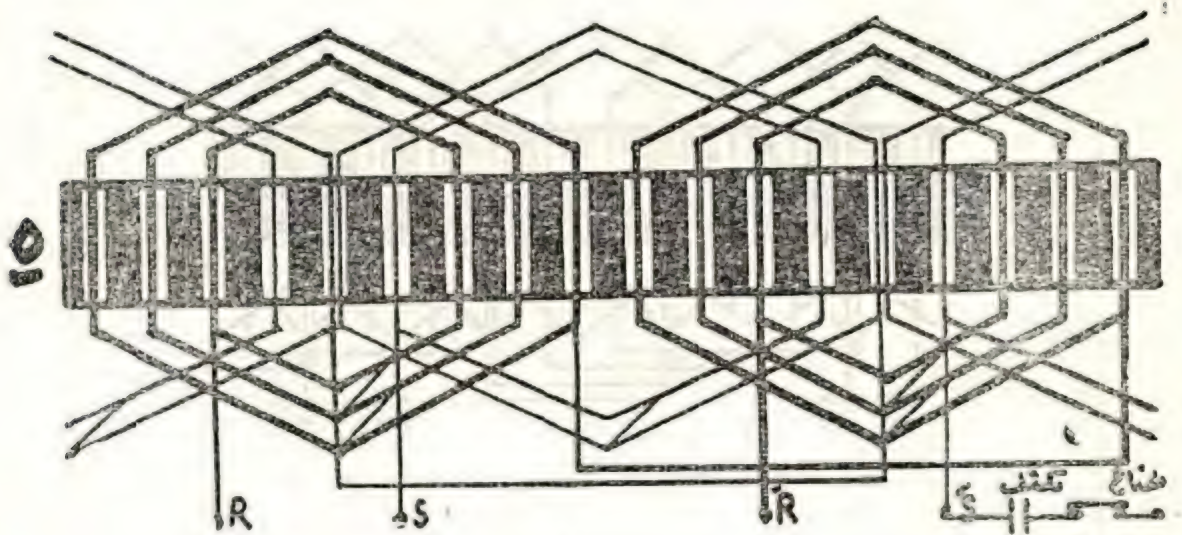
اصالح الف .



محرك وجه واحد ١٨ مجرى ٢ قطب خطوة التشغيل

(٥ — ٧ — ٩) خطوة التقويم (٨ — ١٠)

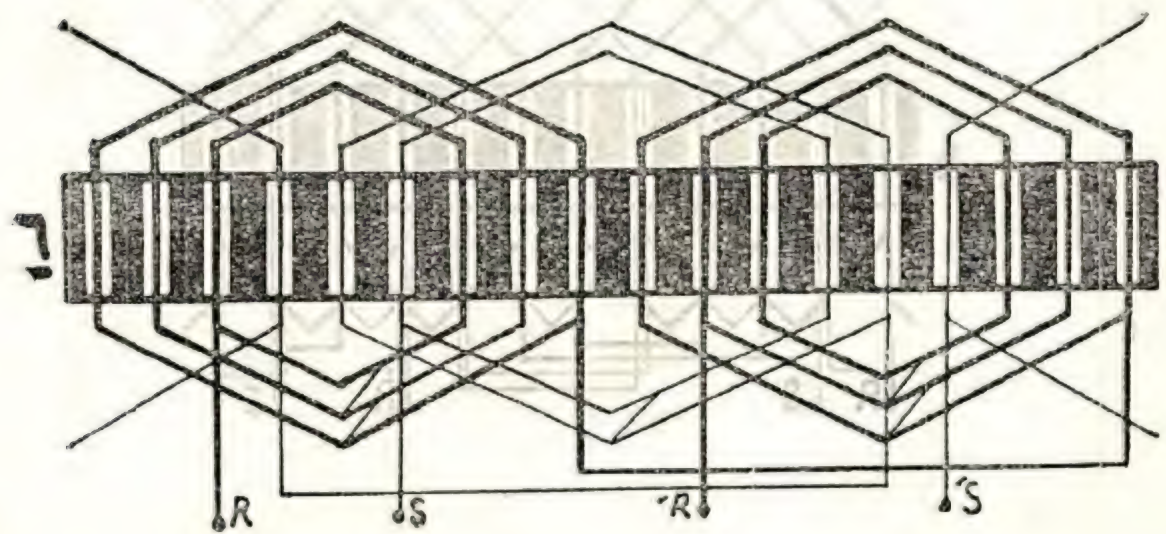
على أساس ملف ونصف للتقويم



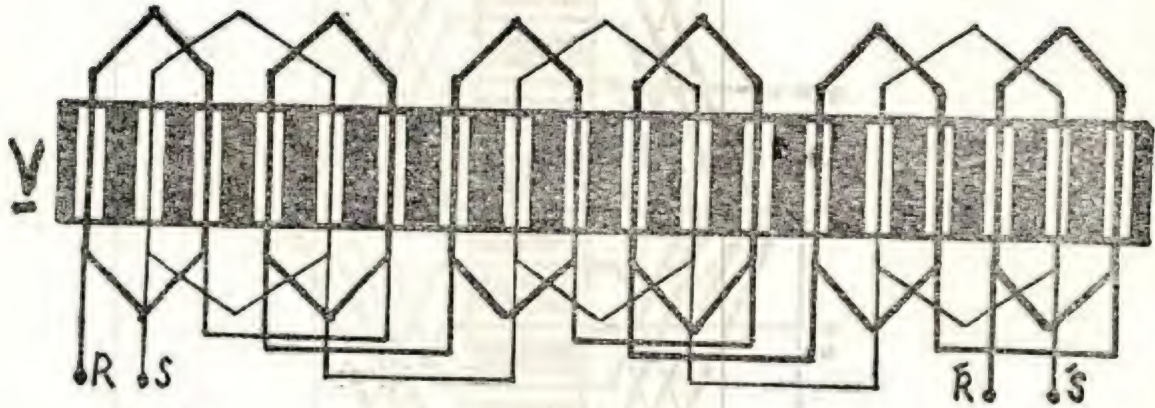
يختلف هذا المحرك عن سابقة في توزيع ملفات التقويم بحيث يكون

ملفين في اتجاه وملف في اتجاه وعلى هذا تكون خطوة التشغيل (٥ — ٧ — ٩)

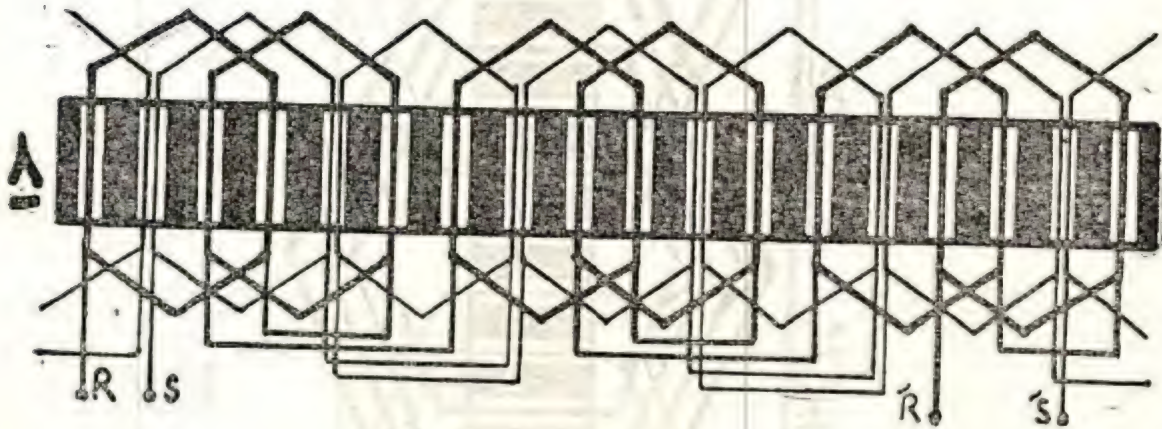
والتقويم ملفين (٨ — ١٠) وملف (١ — ٨) .



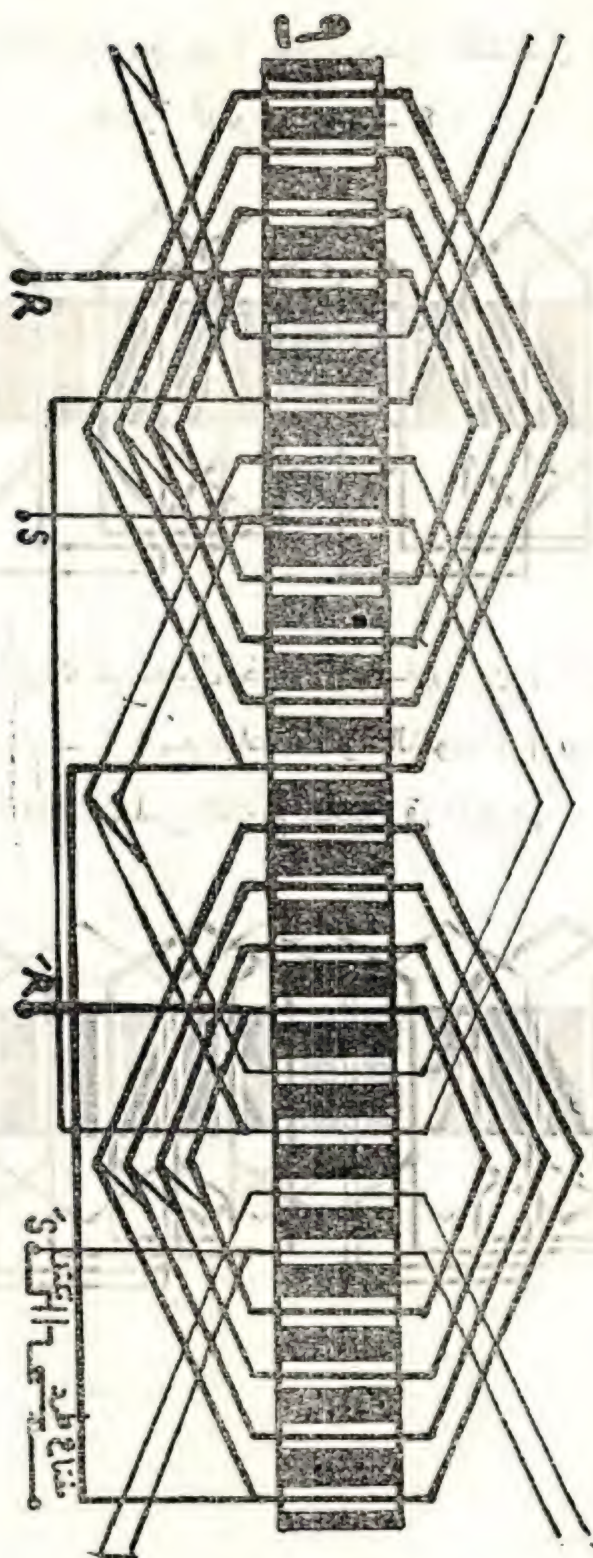
محرك وجه واحد ١٨ مجرى ٦ قطب خطوة التشغيل (٣ — ١)
خطوة التقويم (٤ — ١)



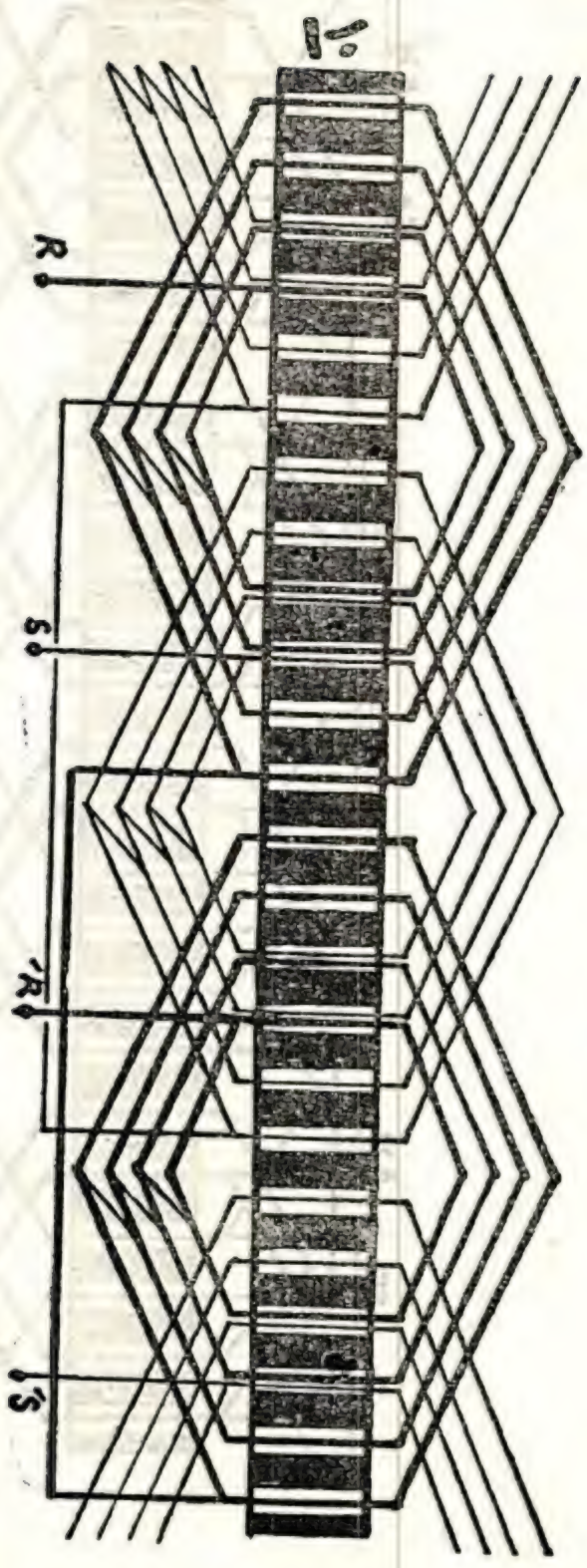
في هذا المحرك تم تعديل خطوة التشغيل من (٣ — ١)
الى (٤ — ١) مع ثبات خطوة التقويم (٤ — ١)
على أساس التقويم جانبين في المجرى



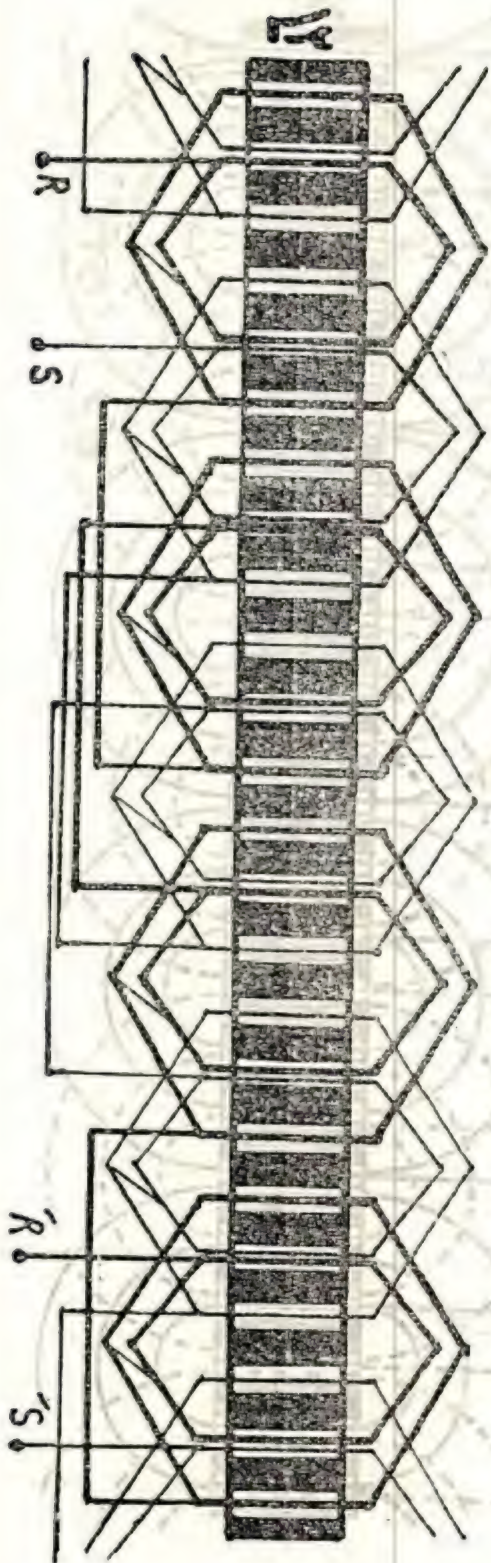
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٢ قطب خطوة لفة (١ - ٦ - ٨ - ١٠ - ١٢) تشفير (١ - ١٠ - ١٢) تقويم
عدد مجارى قطب التشفير ٨ مجرى عدد مجارى قطب التقويم ٤ مجرى



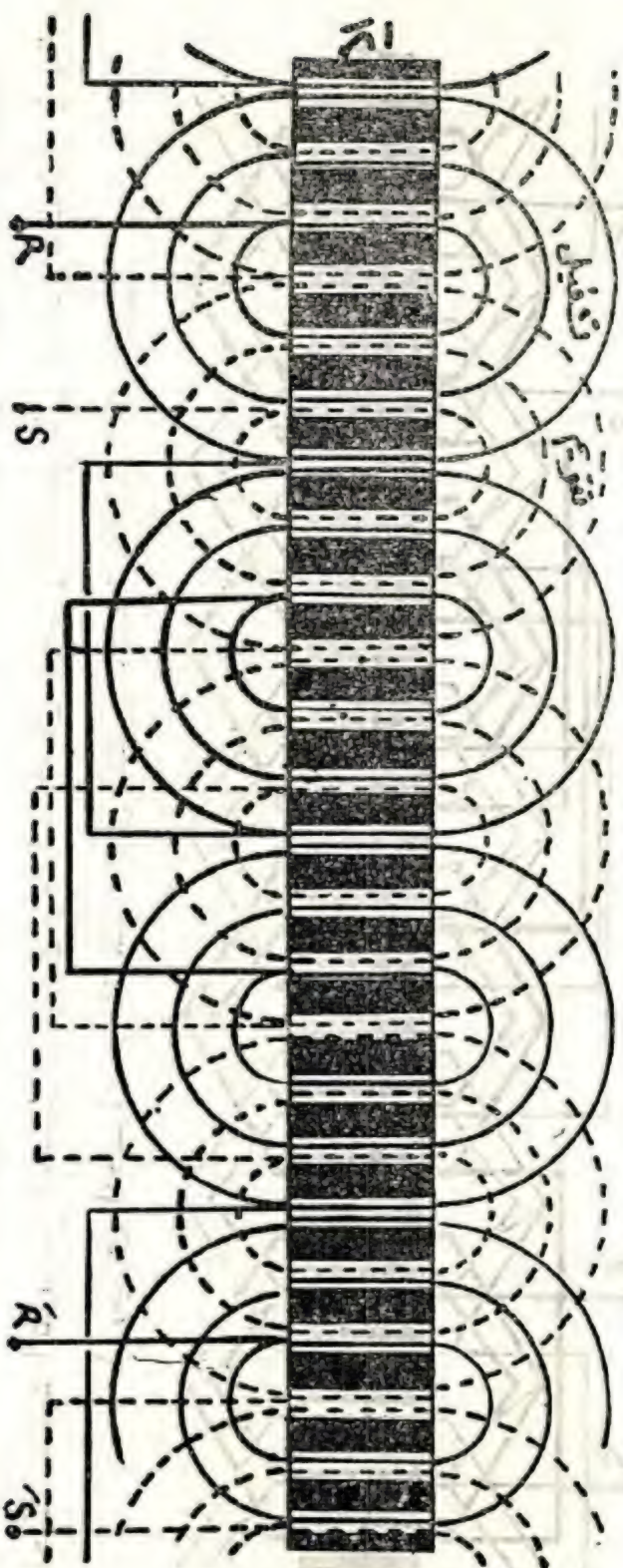
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٢ قطب خطوط لف (١ - ٦ - ٨ - ١٠ - ١٢) لكل من التشغيل والنتييم مع الشراك
النتييم في عدد ٢ مجرى مع التشغيل تحت كل قطب



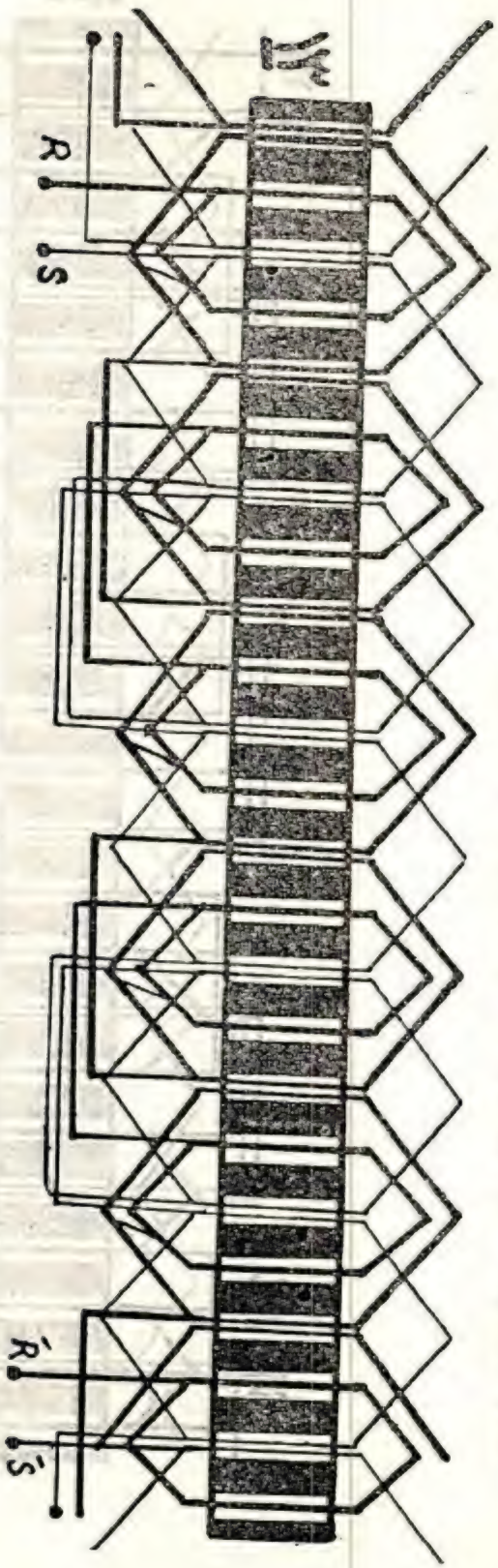
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٤ تقطع خطوطه (١ - ٤ - ٦) لكل من التشغيل والتقويم
 في هذا المحرك مشترك التقويم مع التشغيل في مجرى واحدة تحت كل تقطع والتقسيم على أسس التشغيل والتقويم
 مع مجرى المحرك ثم إضافة مجرى التقويم مشتركة مع التشغيل



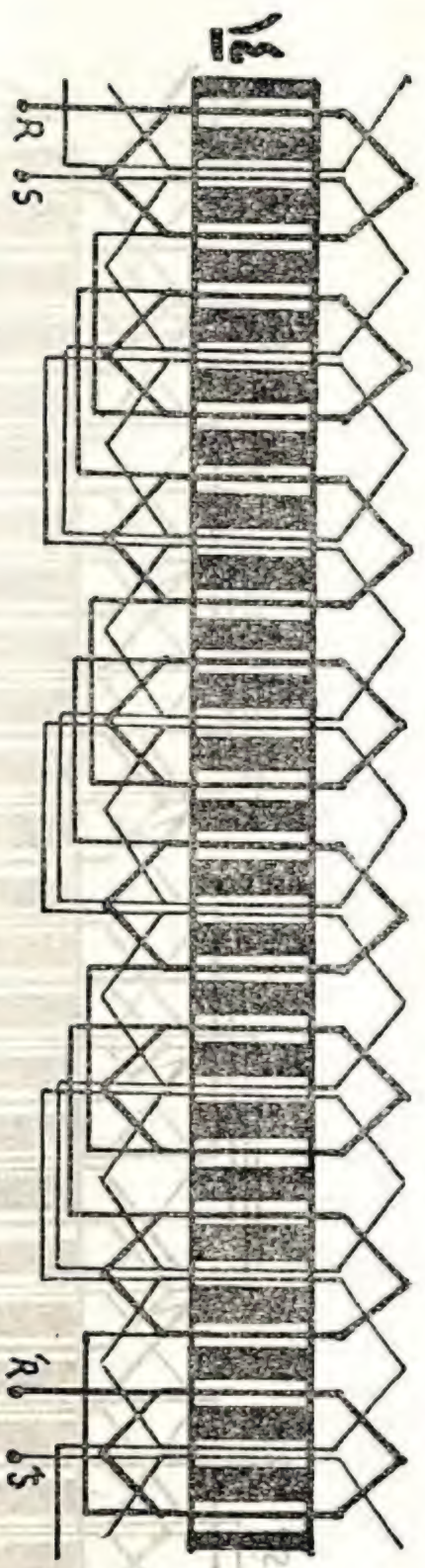
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ؟ اقطاب لم يراعى في هذا المحرك التشغيل
 ٣ والتتويم ٣ ولكن عدل قطب التشغيل من ؟ مجرى الى ه مجرى وقطب
 التتويم من ٢ مجرى الى مجرى واحدة مع تعويض التتويم بأشراك ملفين
 مع ملفات التشغيل تحت كل قطب



محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٦ قطب خطرة التشغيل (٣ - ٥) والتتويم (١ - ٥)
 في هذا المحرك تم تعديل عدد مجارى التشغيل من ١٦ مجرى الى ١٨ مجرى والتتويم من ٨ مجرى الى ٦ مجرى
 قطب التشغيل ٣ مجرى وقطب التتويم مجرى واحد ونوع اللف جانب وجانبين في الجـرى

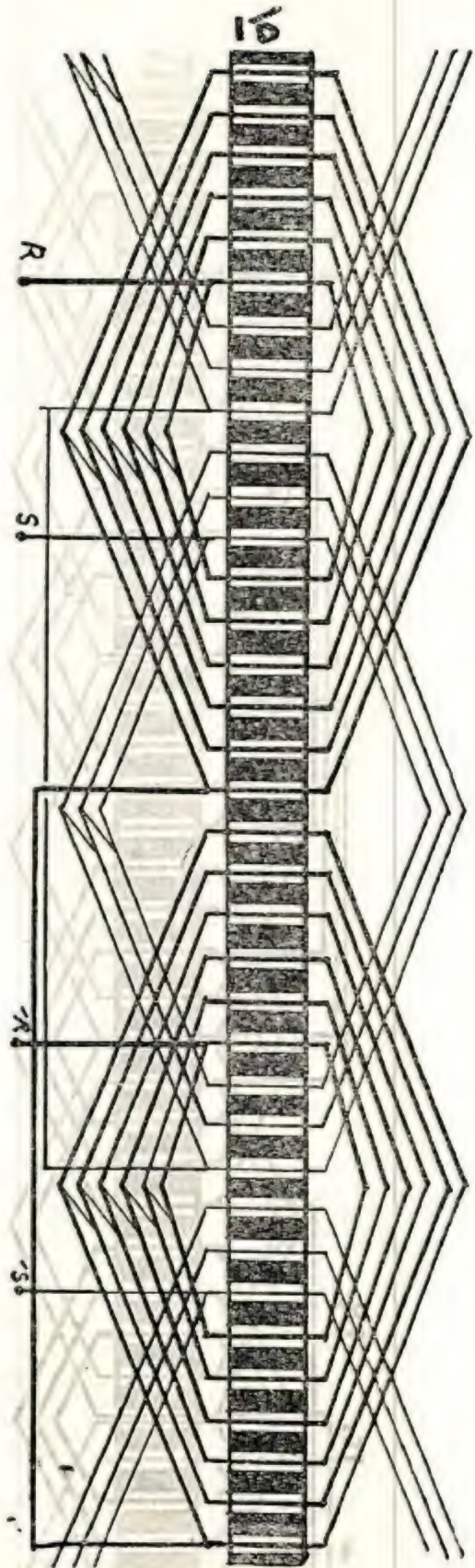


محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٨ ثعلب خطوة التشغيل
(١ - ٣) خطوة التتويم (١ - ٤) جانبين في المجرى



محرك وجه واحد ٣٦ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ - ٨ - ١٠ - ١٢ - ١٤ - ١٦ - ١٨)
تشغيل (١ - ١٤ - ١٦ - ١٨) تقويم

عدد مجارى قطب بالتقويم ٦ مجرى عدد مجارى قطب التشغيل ١٢ مجرى



١٥

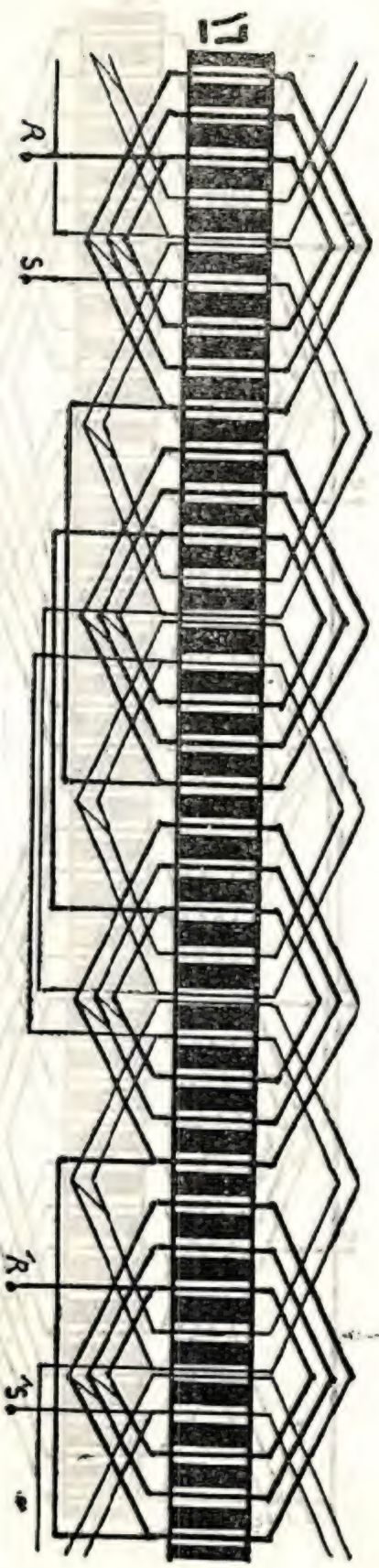
التقسيم

عدد مجارى التشغيل = $٣٦ \times \frac{١}{٢} = ١٨$ مجرى عدد مجارى التشغيل = $٣٦ \times \frac{٢}{٢} = ٣٦$ مجرى
عدد مجارى قطب التشغيل = $١٨ \div ٢ = ٩$ مجرى عدد مجارى قطب التشغيل = $٣٦ \div ٢ = ١٨$ مجرى
خطوة الملف الاصغر للتشغيل = عدد مجارى قطب التشغيل + ٢

محرك وجه واحد ٣٦ مجرى ٤ قطب خطوة لف (١ - ٥ - ٧ - ٩) تشغيل (١ - ٨ - ١٠) تقويم على أساس الملف
الكبير تقويم أنصاف والصغير كامل

عدد مجارى قطب التقويم ٣ مجرى

عدد مجارى قطب التشغيل ٦ مجرى



التقسيم بطريقة القطب الكامل

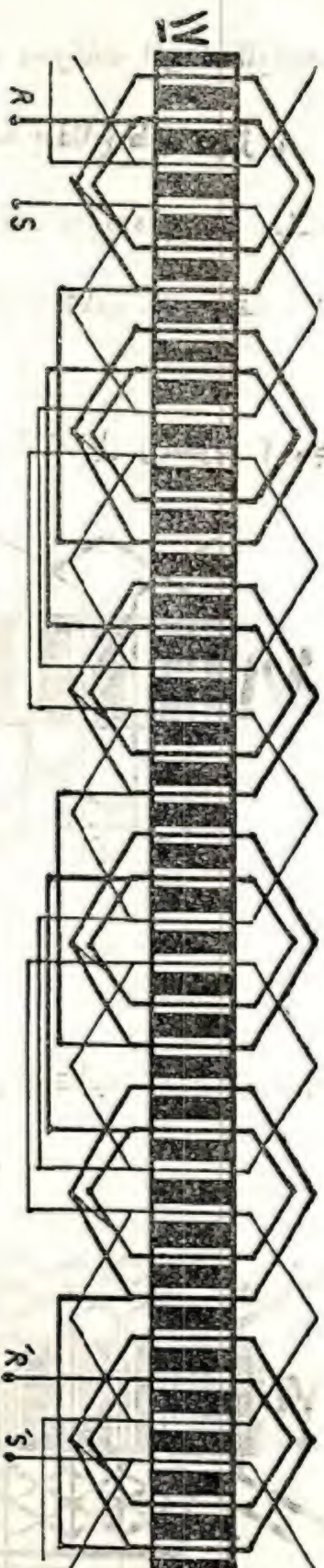
عدد مجارى القطب الكامل = ٣٦ ÷ ٤ = ٩ مجرى

عدد مجارى قطب التقويم = ٩ × ١/٢ = ٣ مجرى . . عدد مجارى قطب التشغيل = ٩ × ١/٢ = ٤

محرك وجه واحد ٣٦ مجرى ٦ قطب خطوة لف (١ - ٤ - ٦) تشغيل (١ - ٦) تقويم

عدد مجارى قطب التقويم ٢ مجرى

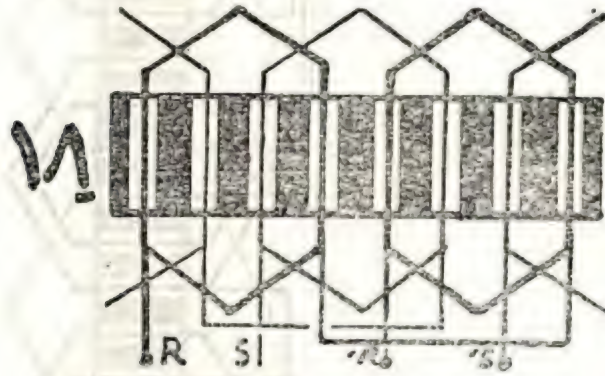
عدد مجارى قطب التشغيل ٤ مجرى



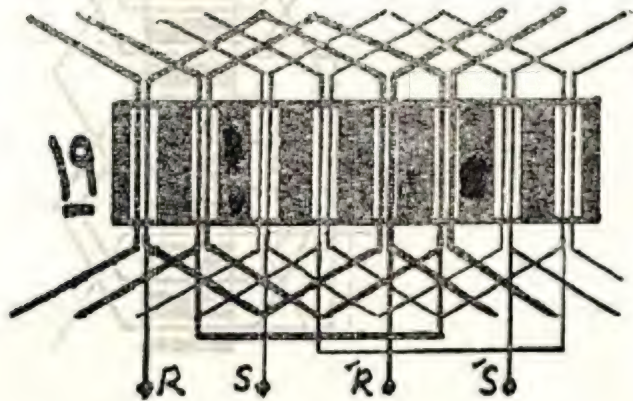
انفرادات لف محركات الوجه الواحد

الغير مزودة بمفتاح طرد مركزي

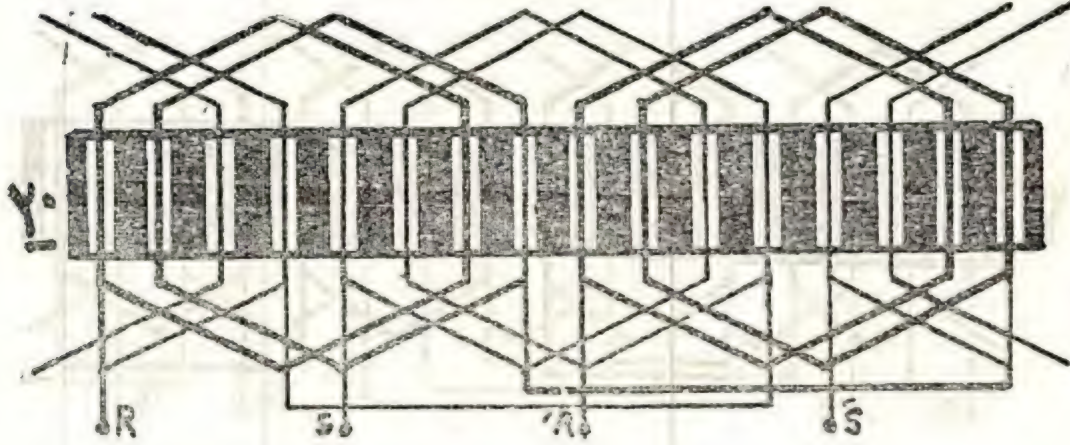
- هذا النوع من المحركات لابد تزويده بمكثف مناسب .
- محرك وجه واحد ٨ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ — ٤) تشغيل وتنظيم ثابتة جناحين .
- عدد مجارى قطب كل من التشغيل والتنظيم ٢ مجرى .



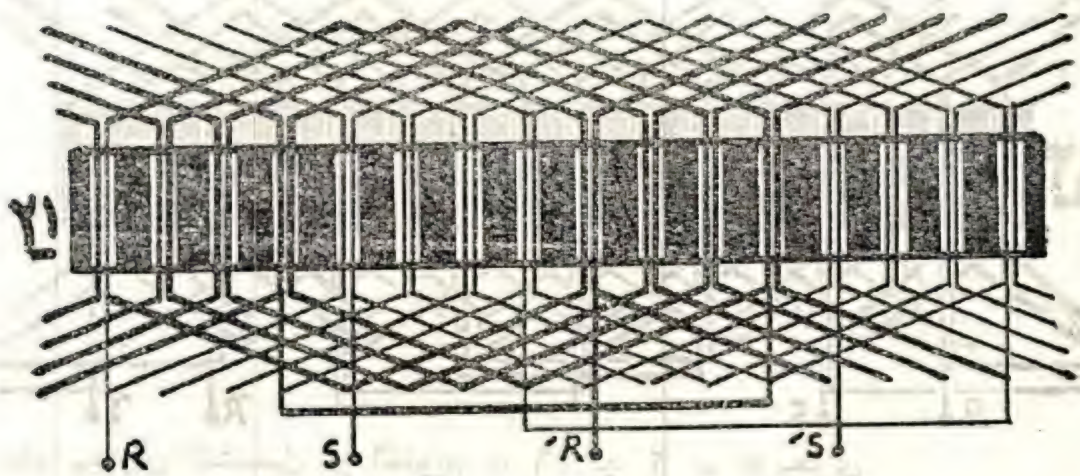
- محرك وجه واحد ٨ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ — ٥) تشغيل وتنظيم ثابتة جانبين في المجرى .



محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٢ قطب خطوة التشغيل (٧ - ١)
خطوة التقويم (٧ - ١) ثابتة جانب واحد جناحين .

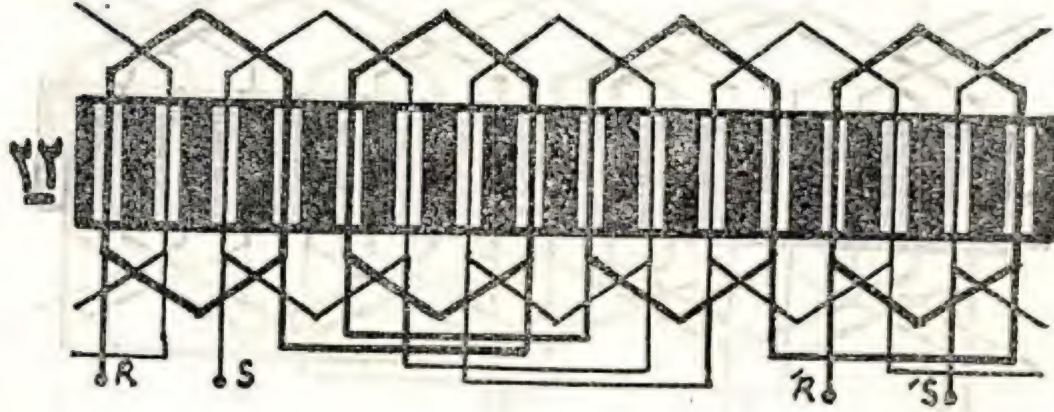


محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٢ قطب خطوة نف التشغيل والتقويم
(٩ - ١) ثابتة جانبيين في المجرى .

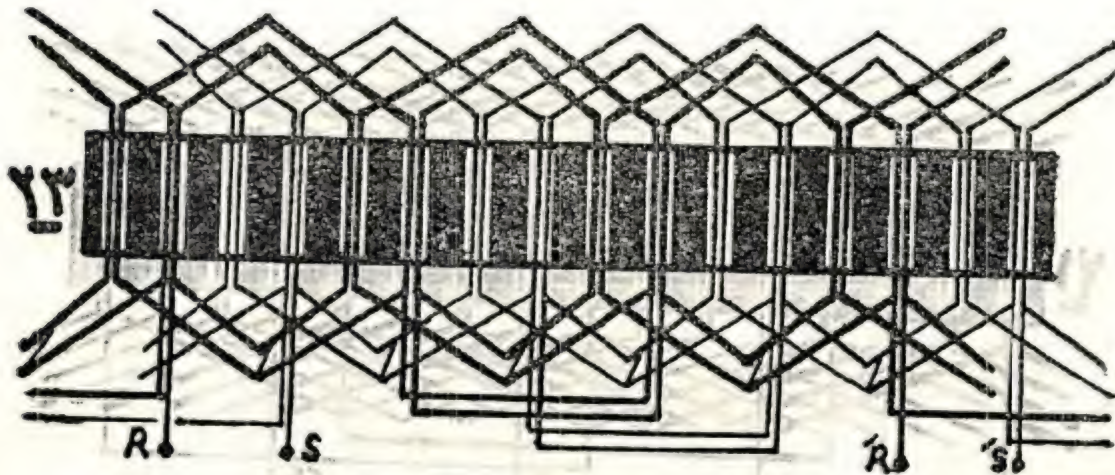


عدد مجارى التشغيل أو التقويم $16 \div 2 = 8$ مجرى
عدد مجارى قطب التشغيل أو التقويم $8 \div 2 = 4$ مجرى

محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٤ قطب خطوة التشغيل والنقويم
(١ - ٤) ثابتة جانب واحد جناحين .

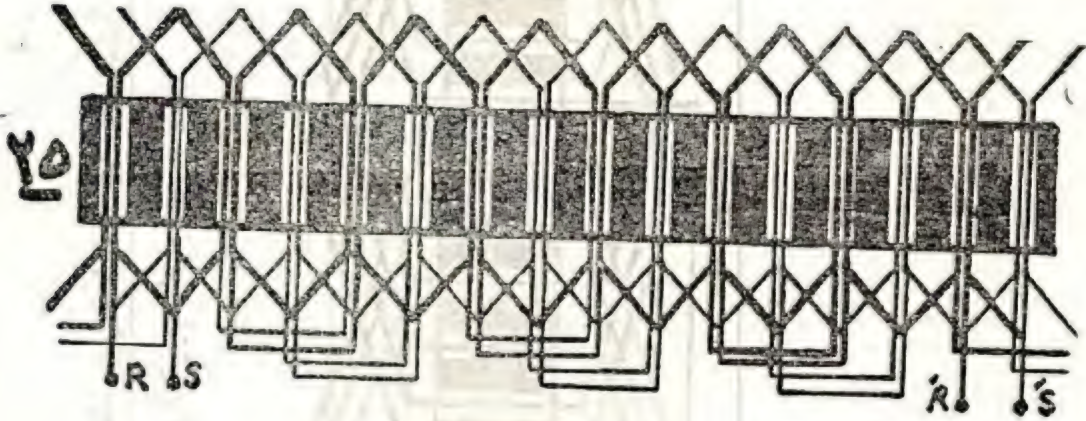


محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٤ قطب خطوة التشغيل والنقويم
(١ - ٤ - ٦) متداخلة جانبين في المجرى .

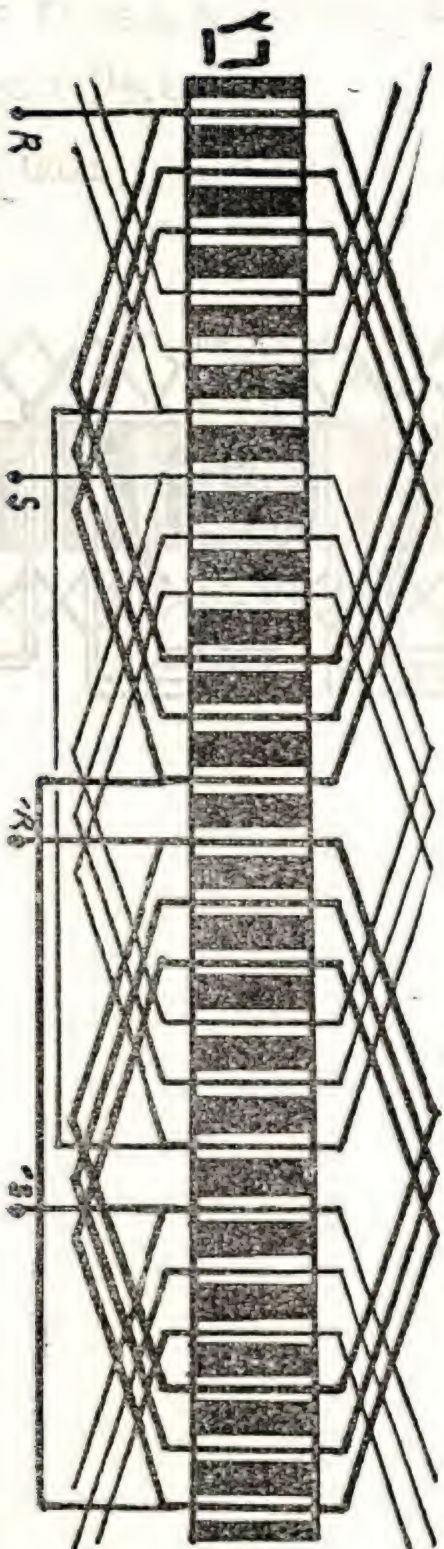


عدد مجارى التشغيل أو التقويم $8 = 2 \div 16$ مجرى
عدد مجارى قطب التشغيل أو التقويم $2 = 4 \div 8$ مجرى
خطوة المرف الأصغر = عدد مجارى القطب $4 = 2 + 2$

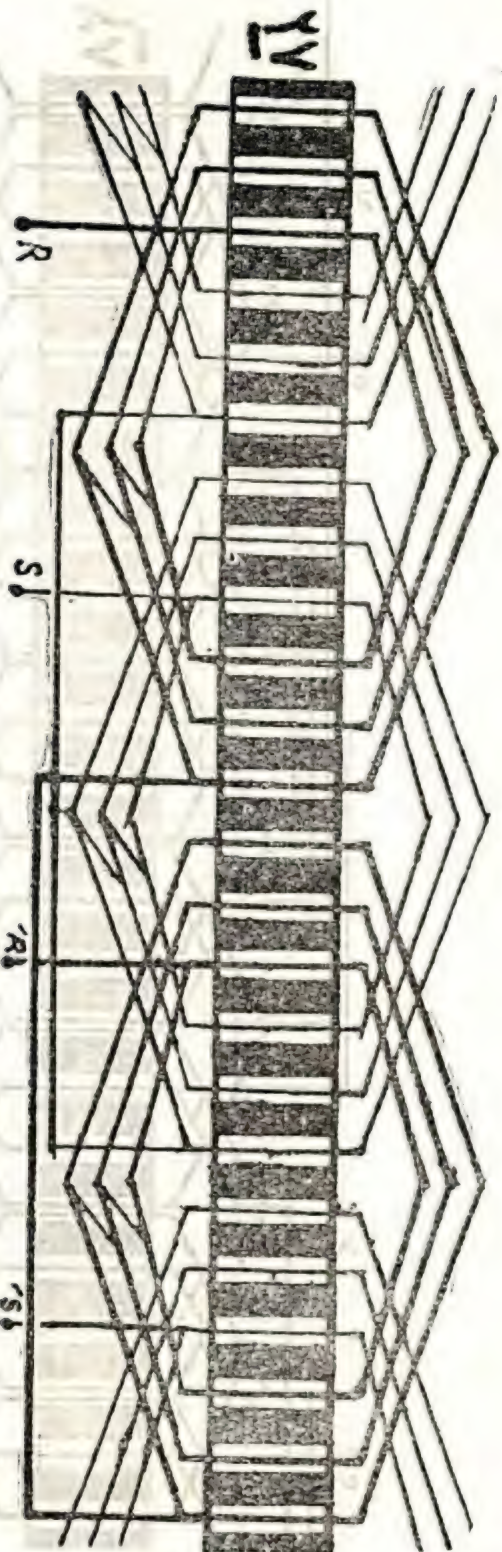
محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٨ قطب خطوة لف التشـفيل والتتويم
(١ - ٣) ثابتة جانبيين فى المجرى .
لاحظ أن توصيل الملفات فى هذا الرسم عادى نهاية مع نهاية وبداية
مع بداية .



محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٢ قلب خلو لف التشغيل والتقويم (١ - ١٠) ثابتة جانب واحد جناحين
عدد مجرى كل من التشغيل والتقويم ٦ مجرى القطب

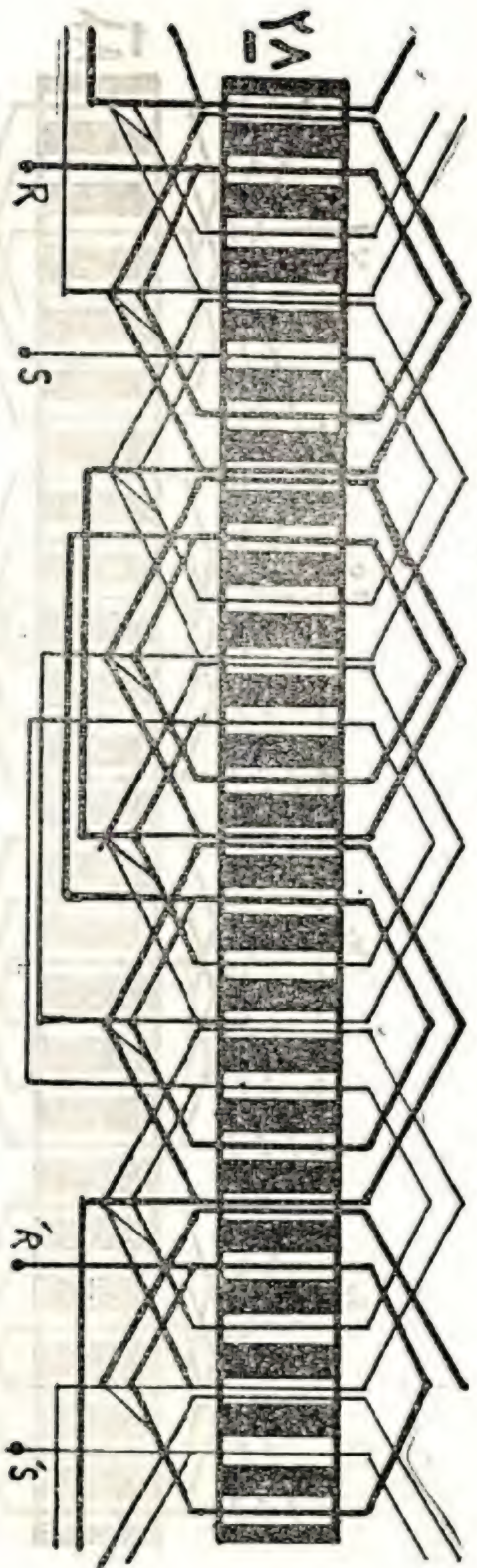


محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ - ٨ - ١٠ - ١٢) تشغيل وتكوين هنداخلة جانب واحد في المجرى ذات الجناحين

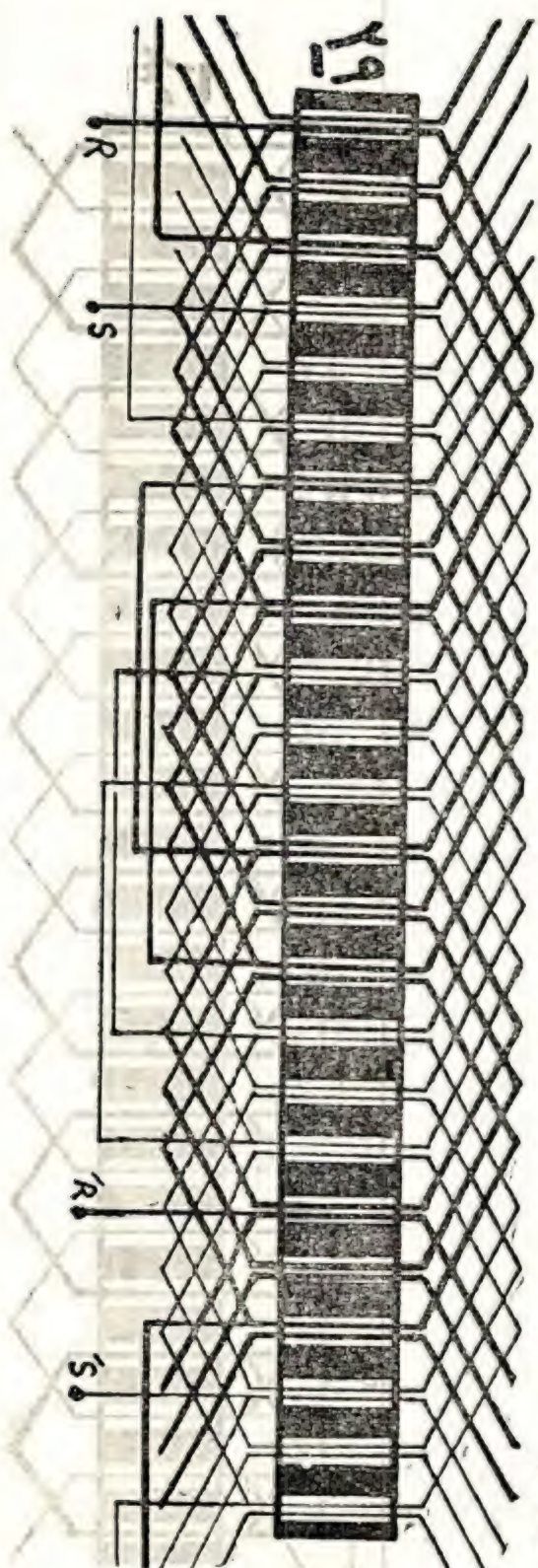


محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٤ قطب: خطوة لف (١ - ٥ - ٧) تشغيل وتقويم متداخلة ذات الجناحين على أساس الملف الأصفر كامل جانب واحد والملف الأكبر نصف جانبيين في المجرى

عدد مجارى قطب كل من التشغيل والتقويم ٣ وجرى



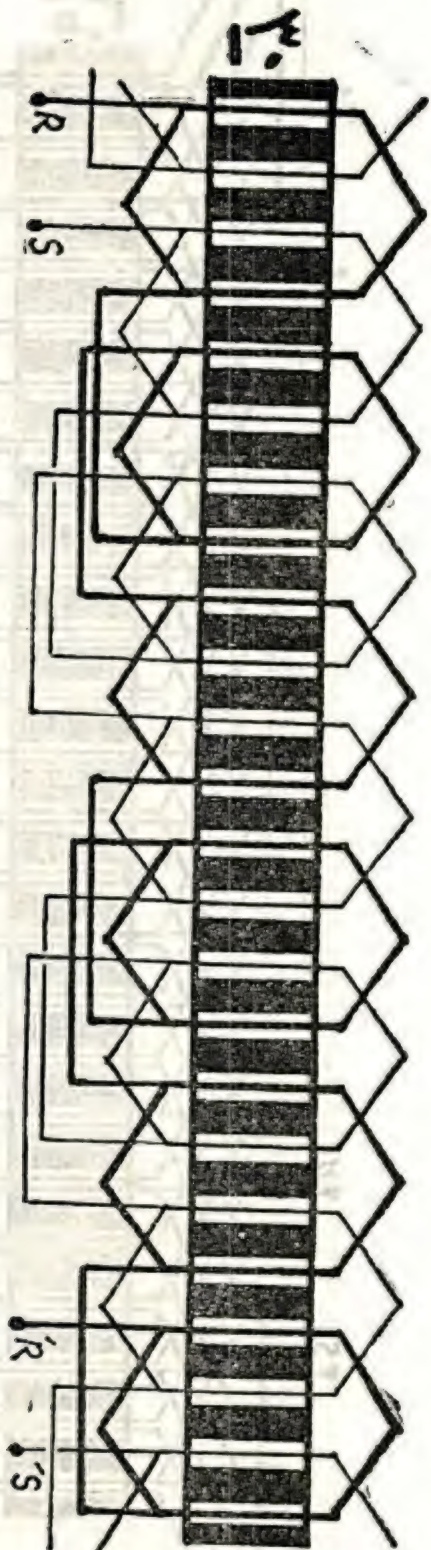
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٤ قطب خطوة لف (١ - ٧) تشغيل وتكوين
ثابتة جانبيين في المجرى
عدد مجارى قطب كل من التشغيل والتكوين ٣ مجرى



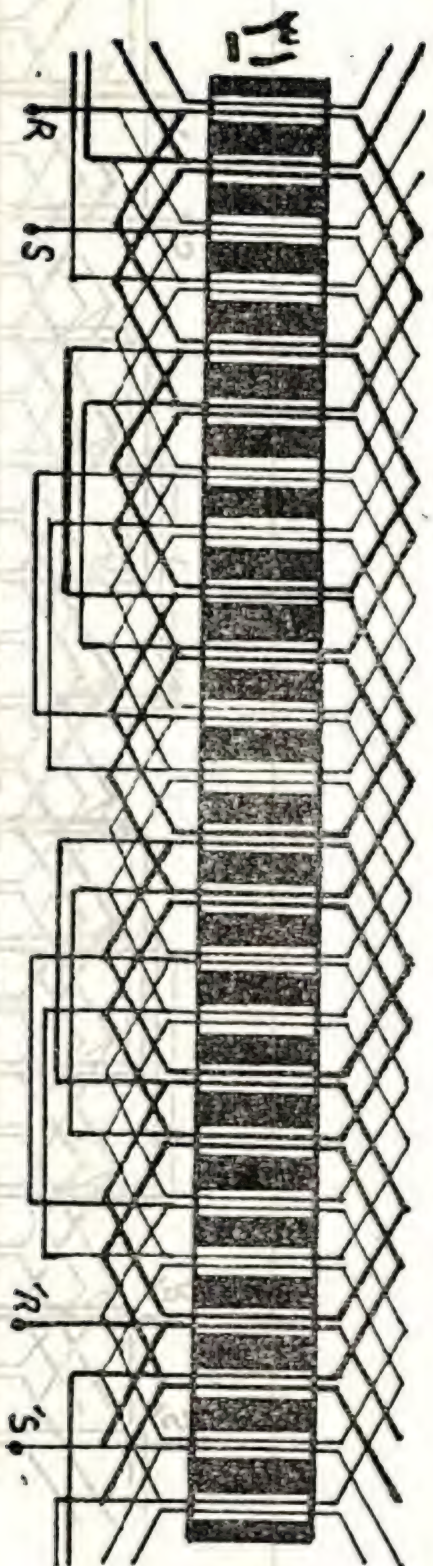
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٦ تحلب خطوط لف (١ - ٤) تشسفيال وتقوم

ثابتة جانب واحد في المجرى ذات الجناحين

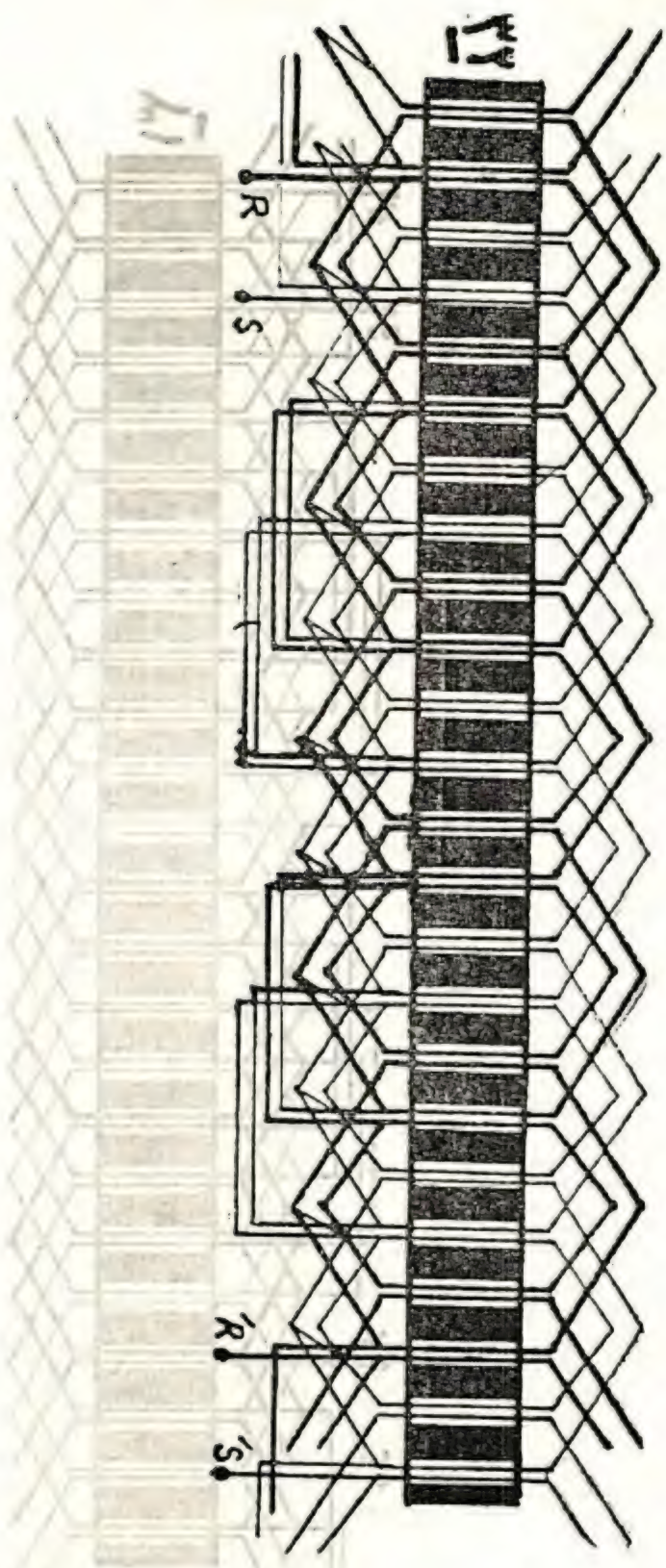
عدد مجارى تحلب كل من التشسفيال والتقوم ٢ مجرى



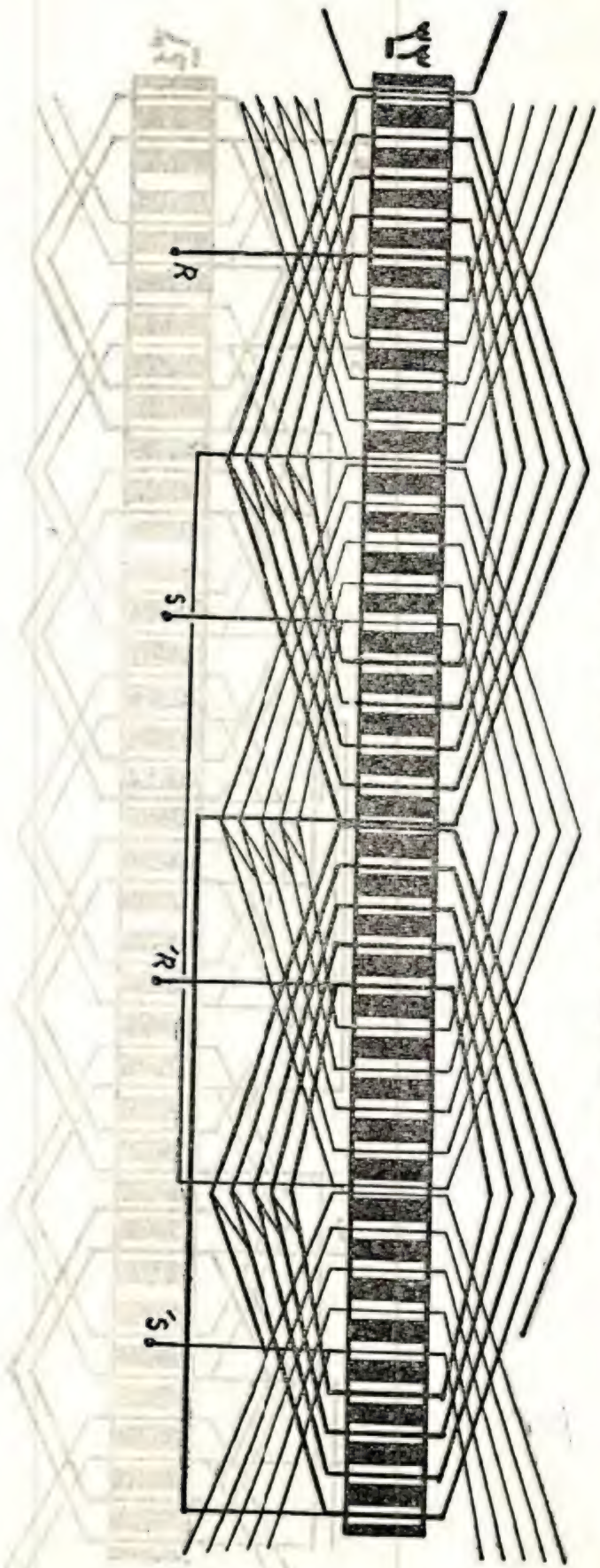
محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٦ تغليب خطوط لف (١ - ٥) تشغيل وتنويم
ثابتة جانبيين في المجرى



محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٦ تطبب خطوة لف (١ - ٤ - ٦) تشغيل وتقوم
متداخلة جانبين في المجرى

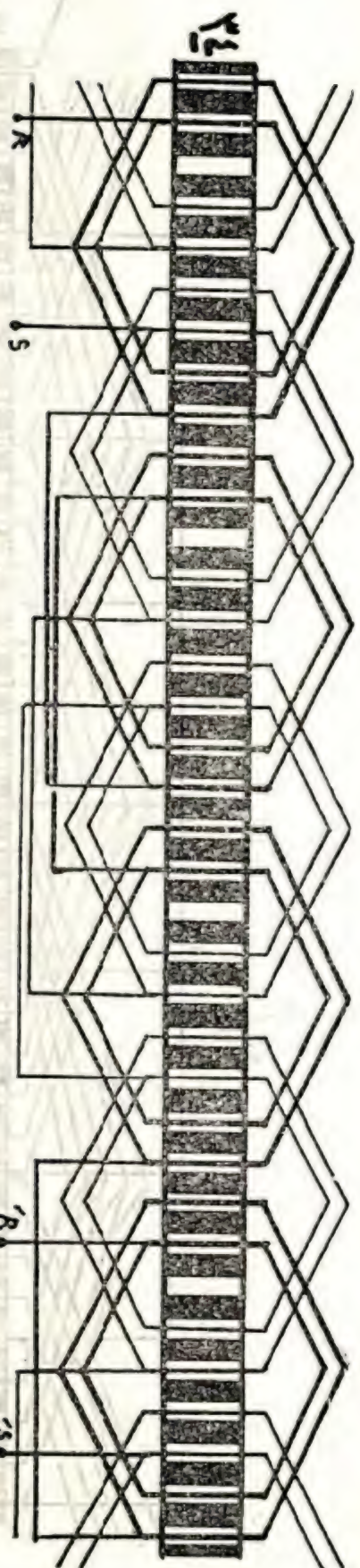


محرك وجه واحد ٣٦ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ - ١١ - ١٣ - ١٥ - ١٧) تشغيل و تقويم
متداخلة جانب واحد ذات الجناحين والملف الأكبر جانبيين في الجرى
عدد مجارى قطب كل من التشغيل والتقويم ٩ مجرى

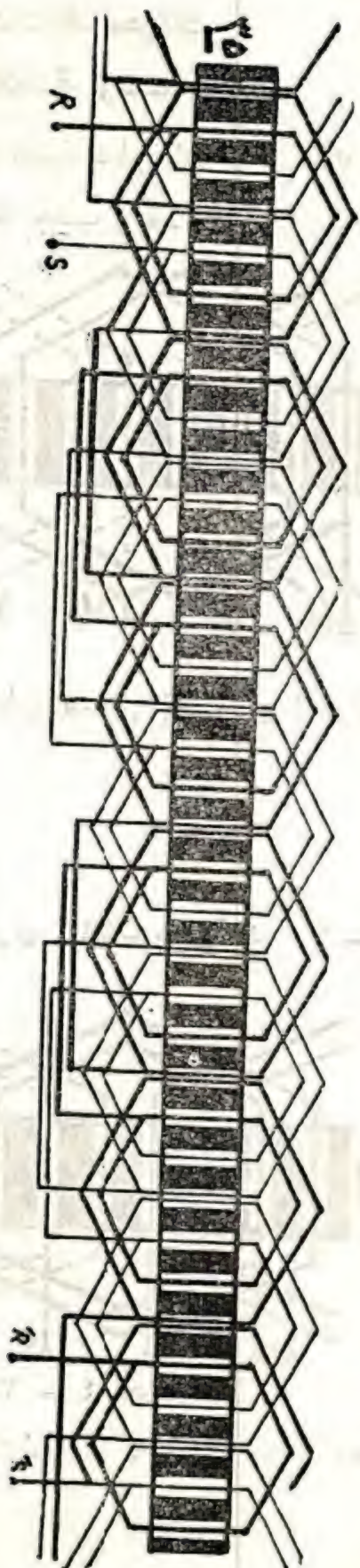


محرك وجهه واحد ٣٦ مجرى ٤ قطب مخطوثة لث (١ - ٧ - ٩) تشغيل وتكوين متداخلة جانب واحد ذات الجناحين

في هذا المحرك نفذ تنسيبه وتوزيع ملفاته كحركات ٣٢ مجرى وذلك بترك عدد واحد مجرى خالية في كل قطب كامل اى يحتوى على قطب التشغيل والتكوين .



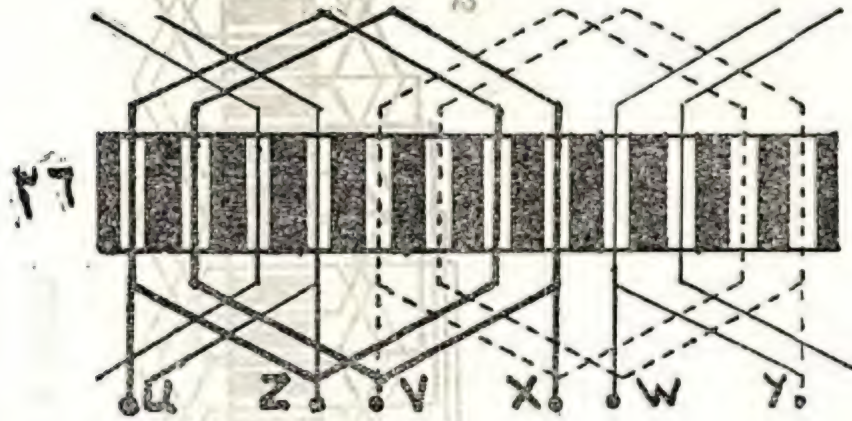
محرك وجه واحد ٣١ مجرى ٦ قطب خطية ألف (١ - ٥ - ٧) تشغيل وتقوم مثل الخلية جانب واحد
 ذات الجناحين و ألف الاكبر جانبين في المجري
 عدد مجرى قطب التشغيل والتقوم ٣ مجرى



انفرادات لف محركات

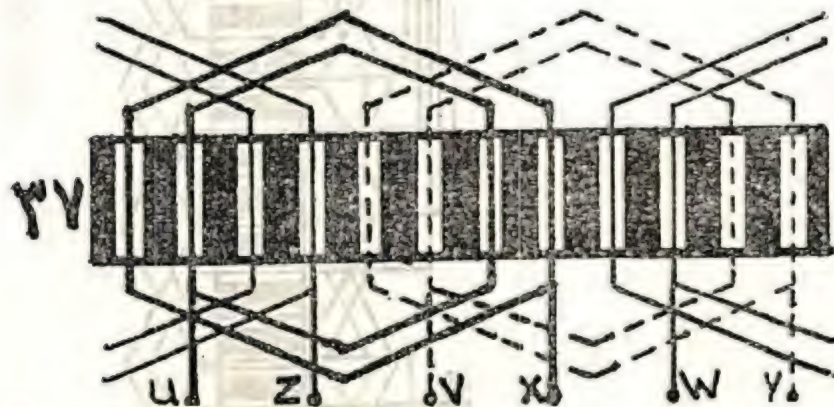
الثلاثة أوجه

✓ محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٧ - ١) قطبية + ١
ثابتة جانب واحد



بعد بدايات الأوجه على أساس ١/٢ مجرى المحرك

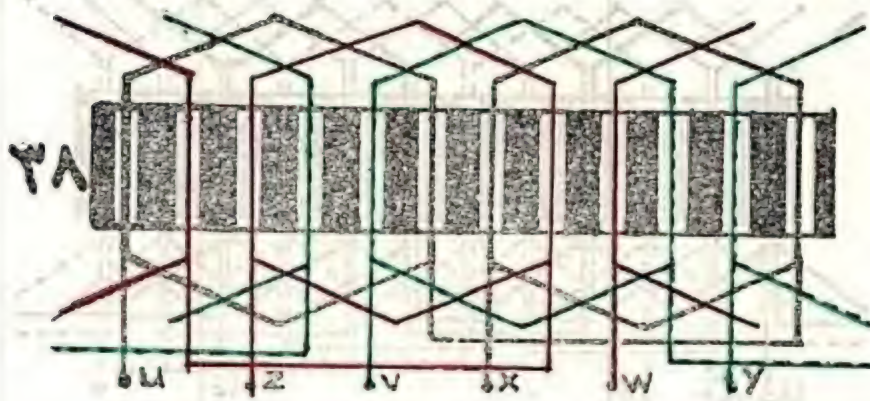
محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٨ - ٦)



عدد مجرى كل وجه = $12 \div 3 = 4$ مجرى

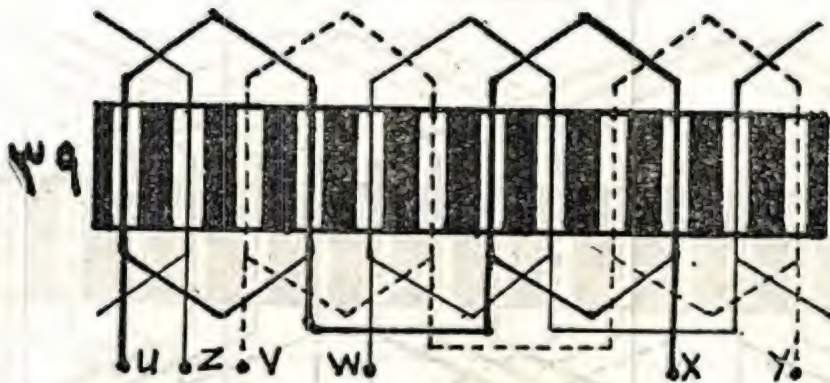
عدد مجرى الوجه تحت القطب = $4 \div 2 = 2$ مجرى

محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٦ - ١)
ثابتة جانب واحد ذات جناحين



استعمل في لف المحرك : سلك ٣٥ مم وعدد لفات الملف من
١٨٠ - ٢٠٠ لفة جانب واحد ٢ قطب .

محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٤ - ١)
ثابتة جانب واحد

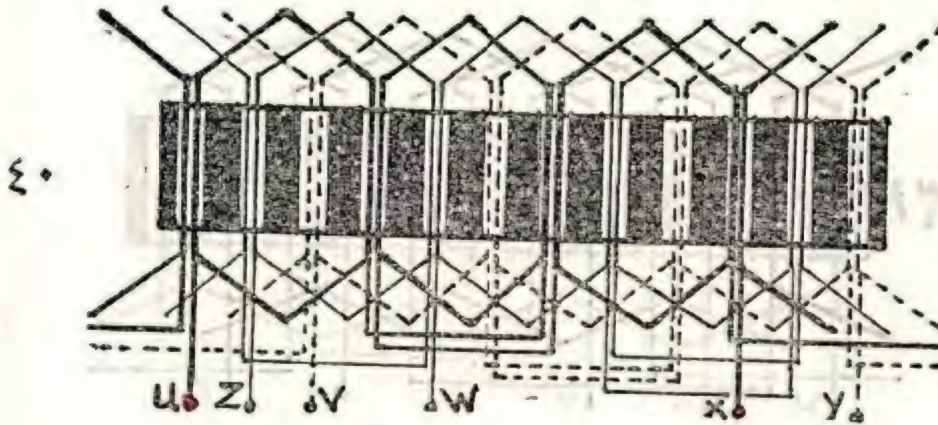


عدد مجرى القطب = $12 \div 4 = 3$ مجرى

عدد مجرى الوجه تحت القطب = $3 \div 3 = 1$ مجرى

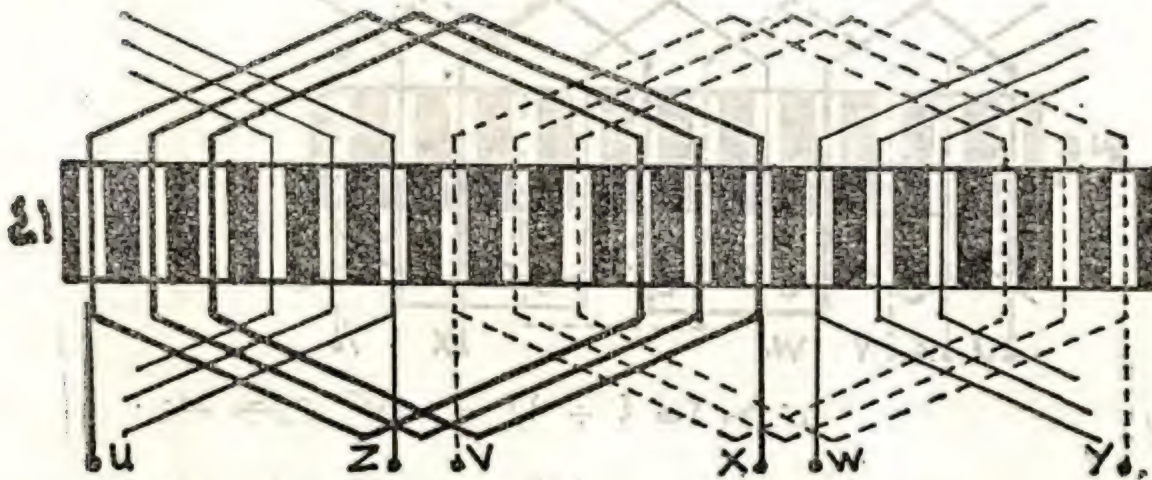
يمكن تنفيذ بعد البدايات على أساس $\frac{1}{4}$ مجرى المحرك مع تغيير
توصيل المجموعات للوجه الثاني والثالث .

محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٤ - ١)



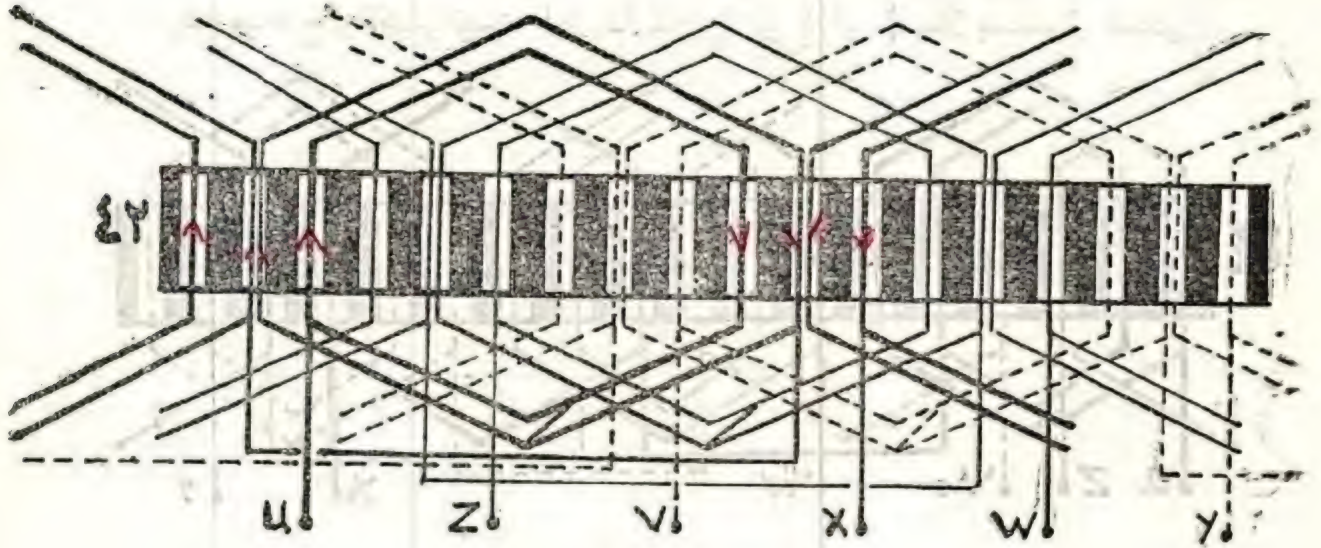
استعمل في لف المحرك سلك ٢٥ ر. مم وعدد لفات الملف جانبيين في
المجرى الجانب من ١٧٠ - ١٨٠ لفة ٤ قطب .

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١٠ - ١)
قطبية + ١ ثابتة جانب واحد

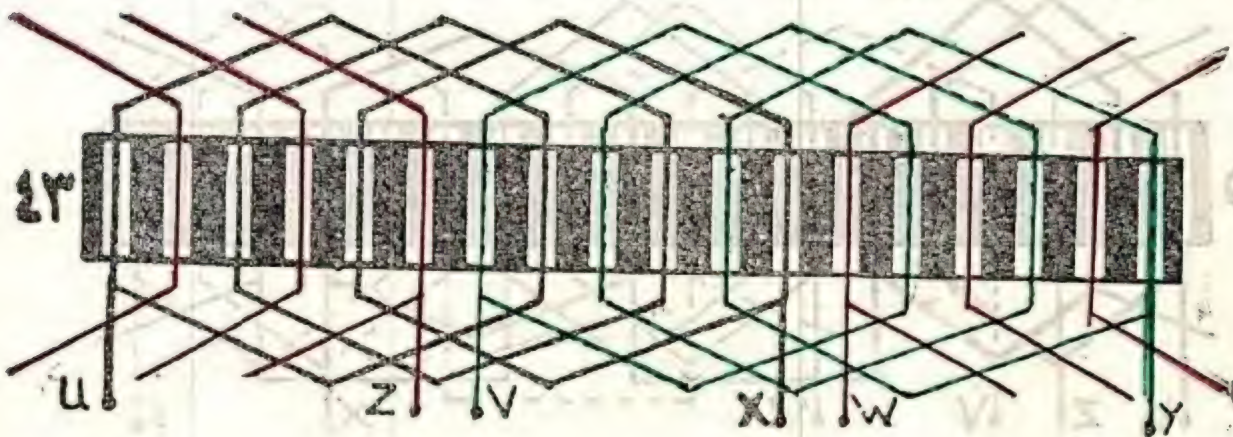


استعمل في لف المحركات سلك ٣٥ ر. مم لفات جانب واحد ١٣٠ لفة ٢ قطب

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٨ - ١٠)
متداخلة جانب واحد مع مراعاة الملف الأكبر جانبين



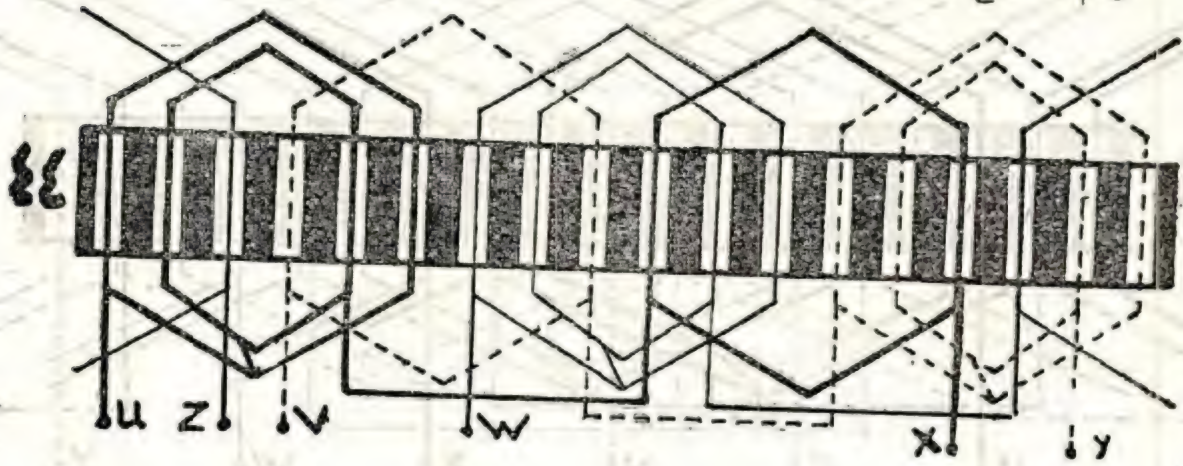
محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٢ قطب خطوة لف (٨ - ١)
الخطوة ثابتة وقيمتها (عدد مجارى القطب - ١) جانب واحد
وطريقة اسقاط الملفات هي اسقط ملف واترك مجرى ثم اسقط ملف مع
مراعاة بداية كل وجه .



محرك شاذ له أكثر من طريقة

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى خطوة لف على أساس
ملفين (٤ - ٦) وملف (١ - ٦) متداخلة جانب واحد

هذه الطريقة تستعمل عندما يكون عدد مجارى الوجه تحت القطب
رقم صحيح والكسر نصف أما إذا كان $\frac{1}{2}$ أو $\frac{3}{4}$ مثلا يستعمل الجدول .

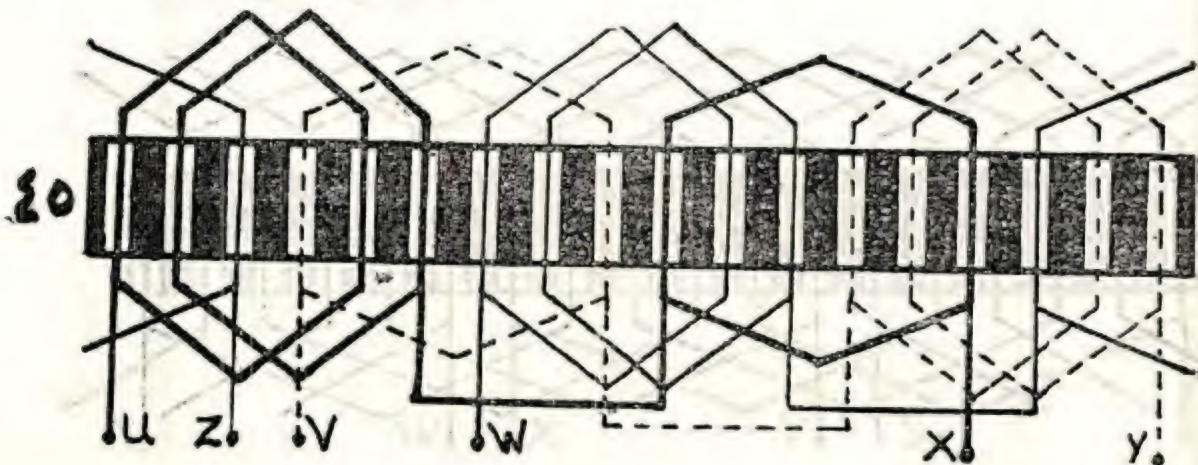


طريقة ثانية

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٤ قطب خطوة لف على أساس

ملفين (١ - ٥) وملف (١ - ٦) ثابتة جانب واحد

هذه طريقة أخرى لف المحرك استعمالنا فيها الخطوة الثابتة بدلا من
المتداخلة .

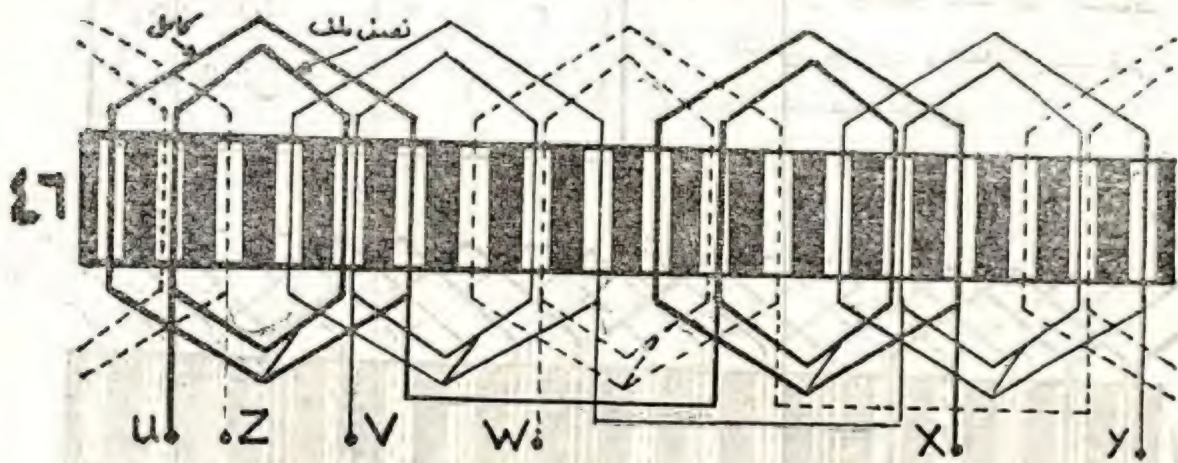


طريقة ثالثة

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٦ - ٤)
متداخلة جانب وجانبين في المجارى

استعملنا في هذه الطريقة الخطوة المتداخلة ولكن بنوعية أخرى بحيث
تكون المجموعتين لكل وجه عبارة عن ملفين وليس ملفين وملف كما سبق
وتنفيذ هذه الطريقة يكون على أساس الملف الأصفر نصف ملف والملف الأكبر
ملف كامل من حيث عدد اللغات امر الذى يترتب عليه تواجد جانب ملف في
مجرى وجانبين في مجرى .

استعمل في لف المحرك سلك ٠.٢٥ مم لغات الملف جانب واحد ٢٥٠ لفه
٤ قطب مع مراعاة حالة الملف النصف في هذه الطريقة من حيث عدد لغاته .



طريقة رابعة

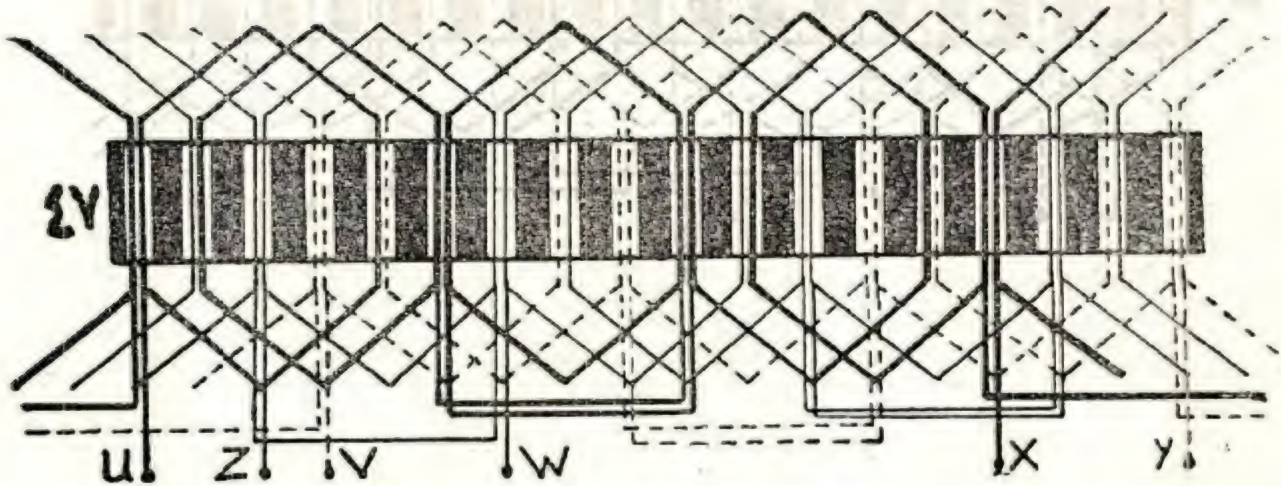
محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٤ قطب خطوة لف (١ - ٥)

ثابتة جانبيين في المجرى

في هذه الطريقة استعملنا الخطوة الثابتة ولكن اسقاط الملفات على أساس استعمال الجدول مع مراعاة ترتيب اوجه (الأول - آخر الثالث - أول الثاني) .

يعدل عدد ملفات الوجه تحت القطب من ١ إلى ٢ مجرى إلى ٢ مجرى ثم واحد مجرى وعلى هذا يكون الترتيب كالآتي :

| ترتيب الاسقاط | رقم المجموعة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ |
|--|--------------|---|---|---|---|
| اسقاط أول الأول ملفين ثم اسقاط آخر الثالث ملف ثم اسقاط أول الثاني ملفين وهكذا يستمر الاسقاط حسب الجدول . | الوجه الأول | ٢ | ١ | ٢ | ١ |
| | الوجه الثالث | ٢ | ١ | ٢ | ١ |
| | الوجه الثاني | ٢ | ١ | ٢ | ١ |



محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى ٦ قطب خطوة لف (١ - ٤)
ثابتة جانب واحد

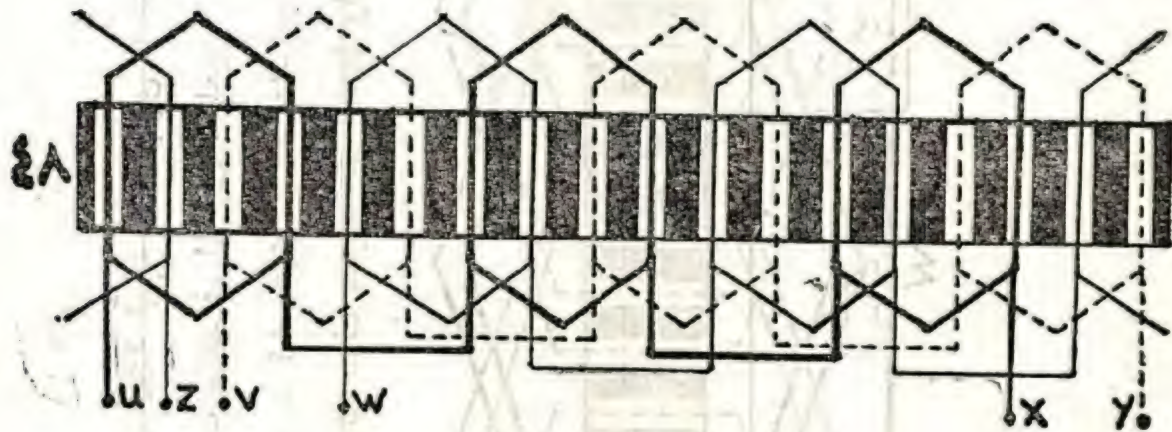
عدد مجارى القطب = $18 \div 6 = 3$ مجرى

عدد مجارى الوجه تحت القطب = $3 \div 3 = 1$ مجرى

في هذه الحالة عندما يكون عدد مجارى الوجه تحت القطب مجرى واحد لا يوجد اختيار لنوع الخطوة من حيث ثابتته أو متداخله وعلى هذا يكون مقدار الخطوة هو عدد مجارى القطب + ١ = $3 + 1 = 4$ ولكن يمكن أن تلف جانب أو جانبيين في المجرى .

استعمل في لف المحرك سلك ٢٠ مم ولفات الملف جانب واحد من

٣٥. لفة الى ٣٦. لفة ٦ قطب .

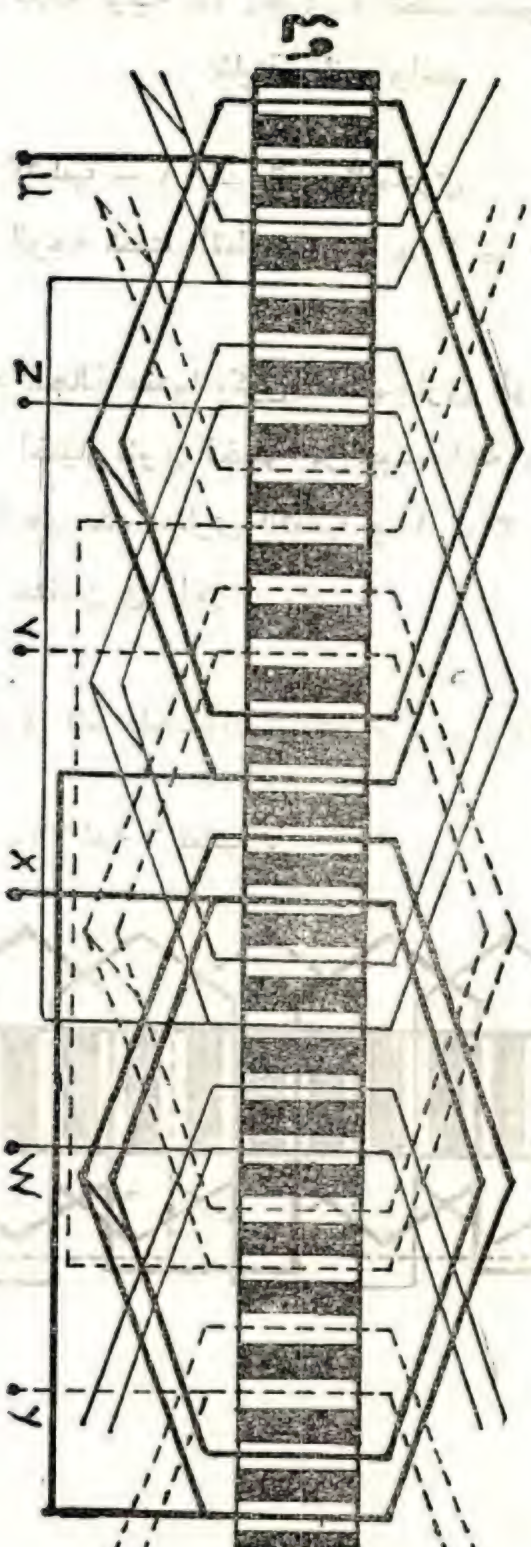


محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٢ تطب جيرة لك (١٠ - ١٢) بهتوسط ١١ أى تطبية - ١

متداخلة جانب واحد فى المجرى جناحين

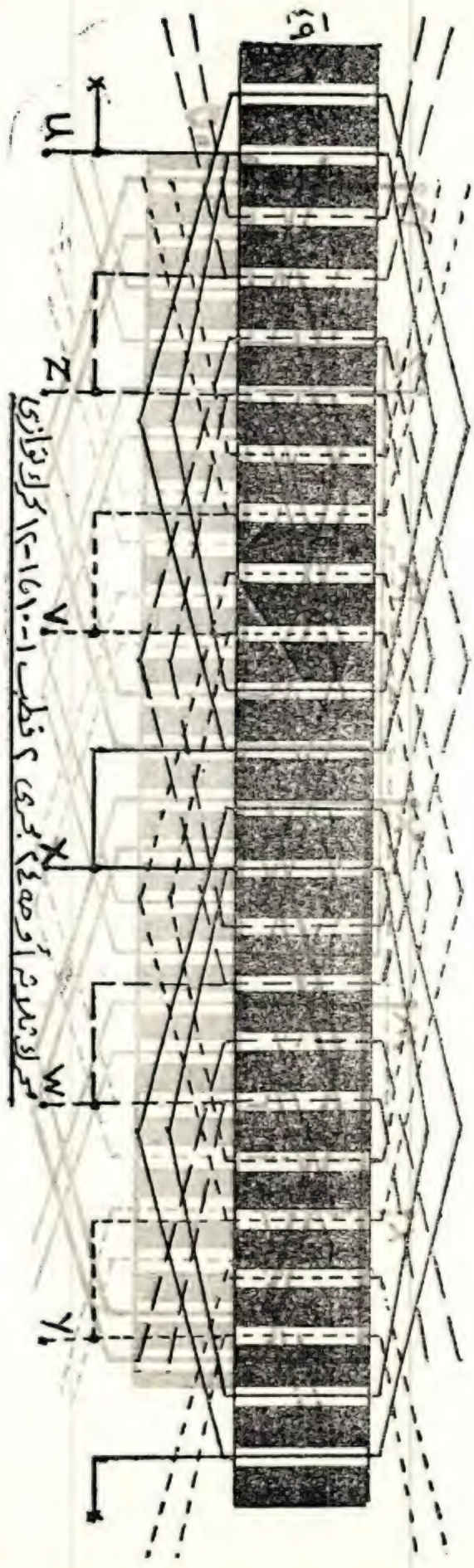
عدد مجارى التطب = ١٢ مجرى عدد مجارى الوجه تحت المطب = ٤ مجرى .

اسقط ملفين ثم اترك مجرتين ثم اسقط واترك ملفين وهكذا حتى يتم اسقاط جميع الملغات للوجه الثلاثة

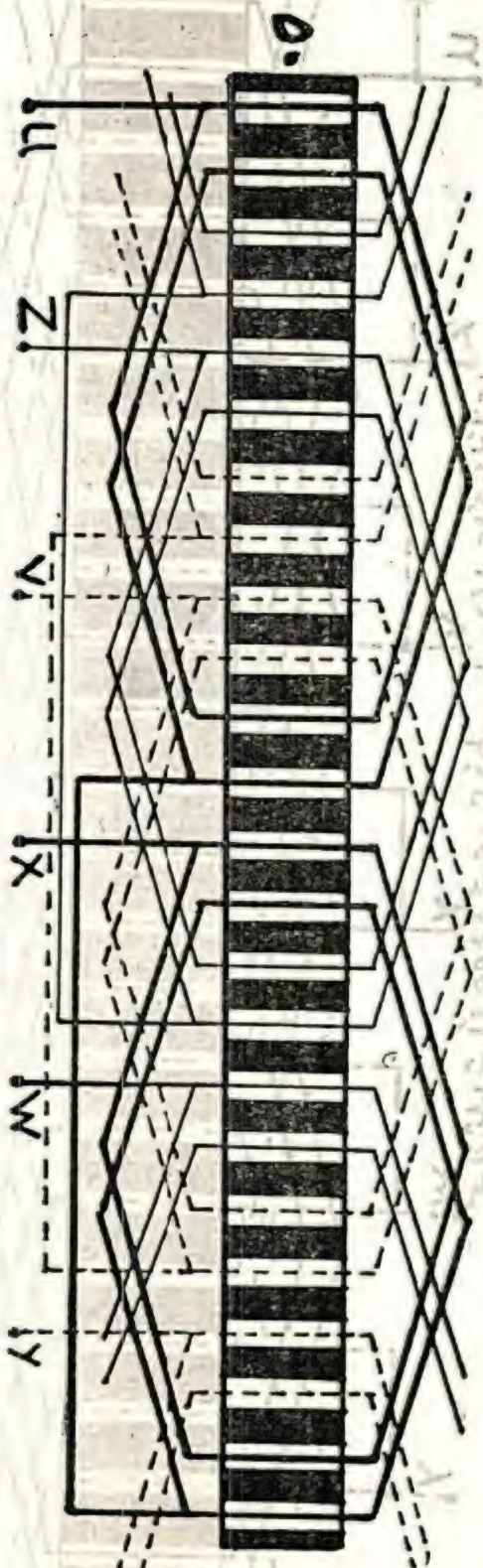


محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٢ تقطيب خطوة (١ - ١٠ - ١٤ - ١٢) متداخلة جانب واحد ولكن مجموعات كل وجه متصلة توازي نهاية المجموعة الأولى مع بداية الثانية ويخرج طرف يعتبر نهاية الوجه ثم توصل نهاية المجموعة الثانية مع بداية المجموعة الأولى وتخرج طرف يعتبر بداية الوجه وهذا المحرك يوصل نجمة .

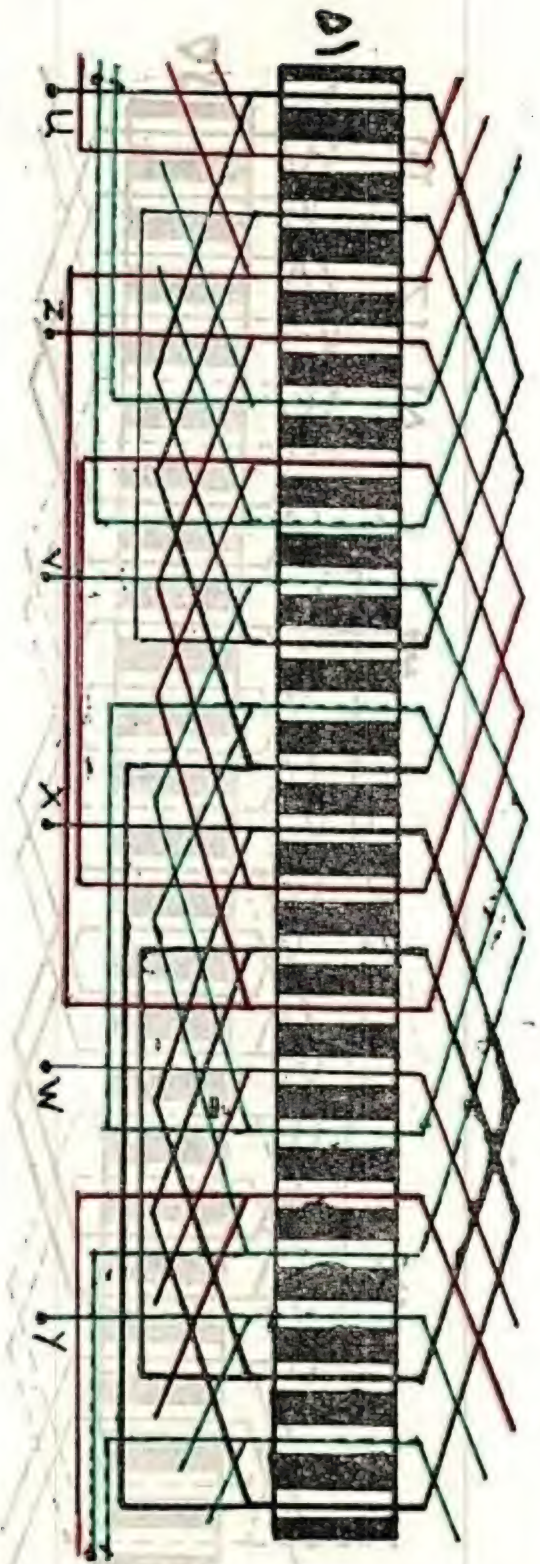
- ١٦٥ -



محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ - ١١) ثابتة جانب واحد ذات جنب اثنين
عدد مجارى القطب = ١٢ مجرى عدد مجارى الوجه تحت القطب = ٤ مجرى
خطوة اللف = عدد مجارى القطب - ١ = ١٢ - ١ = ١١ (قطبية - ١) .

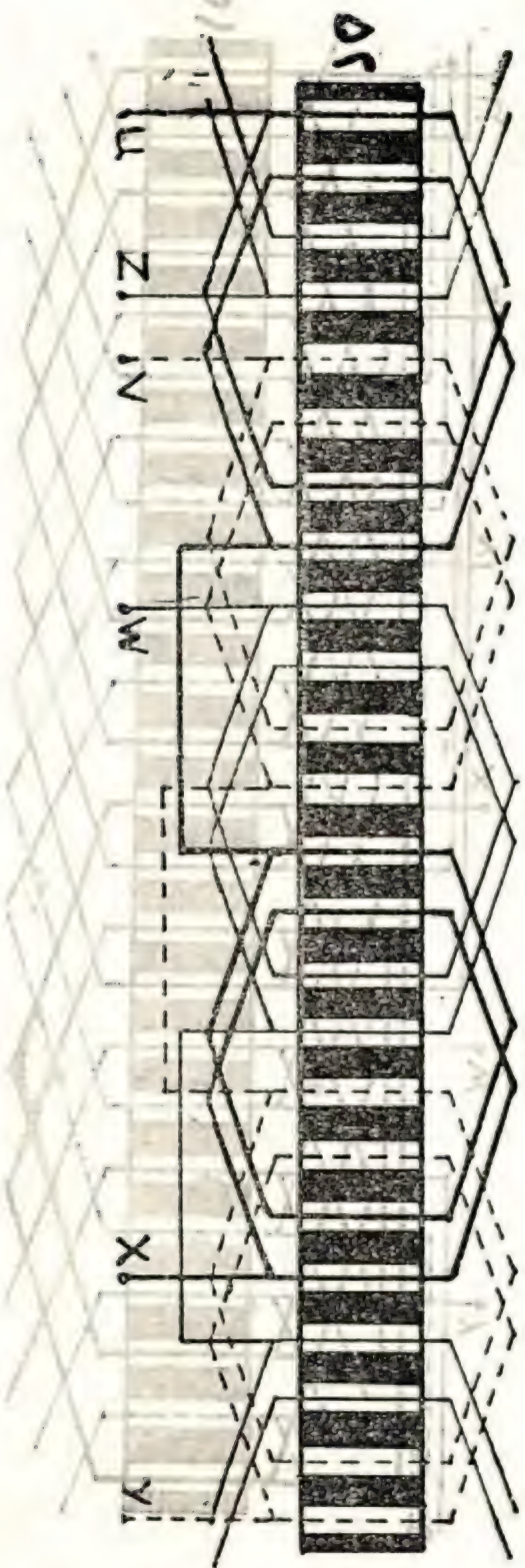


محرك ثلاثة اوجه ٢٤ مجرى ٢ تقطب خطوة لف (١ - ١٠) ثابتة جانب واحد جناحين بطريقة اخرى
عدد مجارى التقطب = ١٢ مجرى الخطوة = ١٢ - ٢ = ١٠ (تقطبية - ٢)
في هذه الطريقة اسقاط مجموعة ملفات الوجه على اساس ملف وترك مجرى ثم اسقاط ملف وهكذا في الواجهة
الثلاثة .

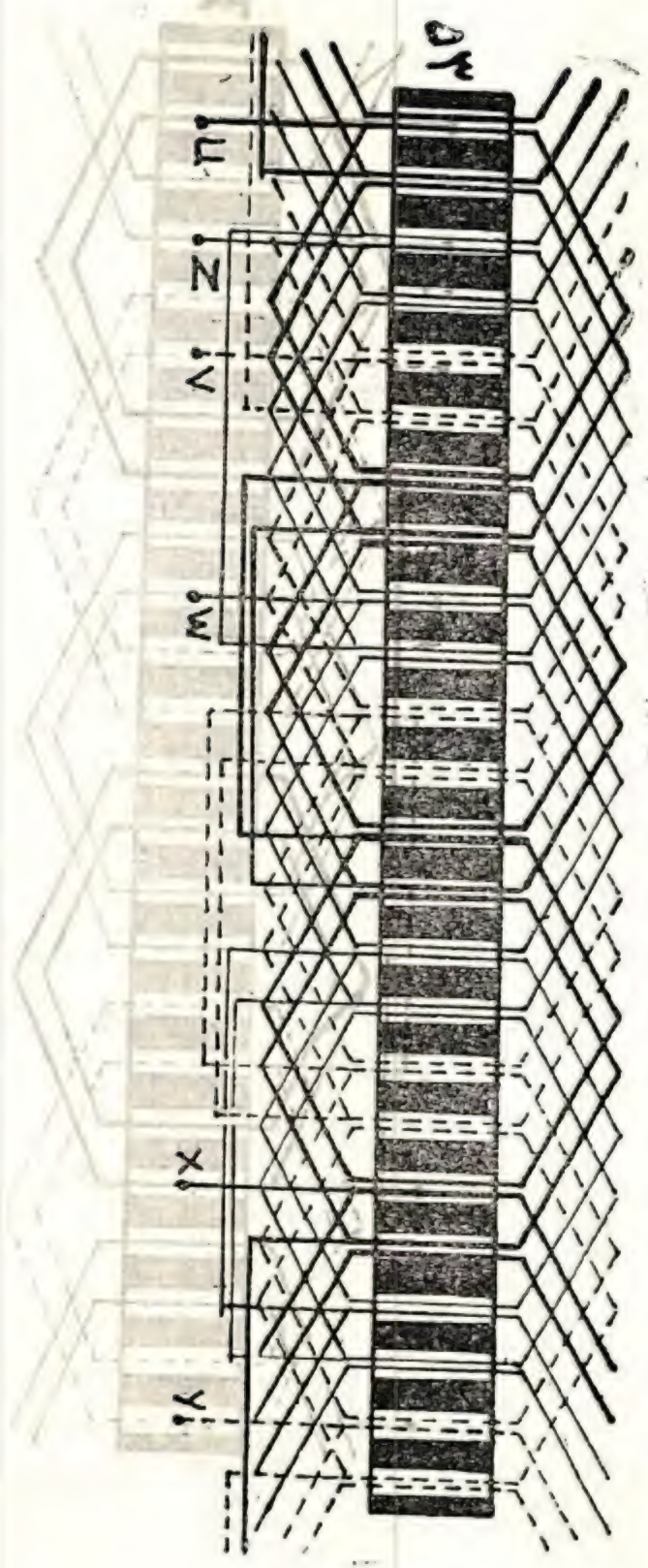


محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٤ قطب خطوط لف (١ - ٧) ثابتة جانب واحد

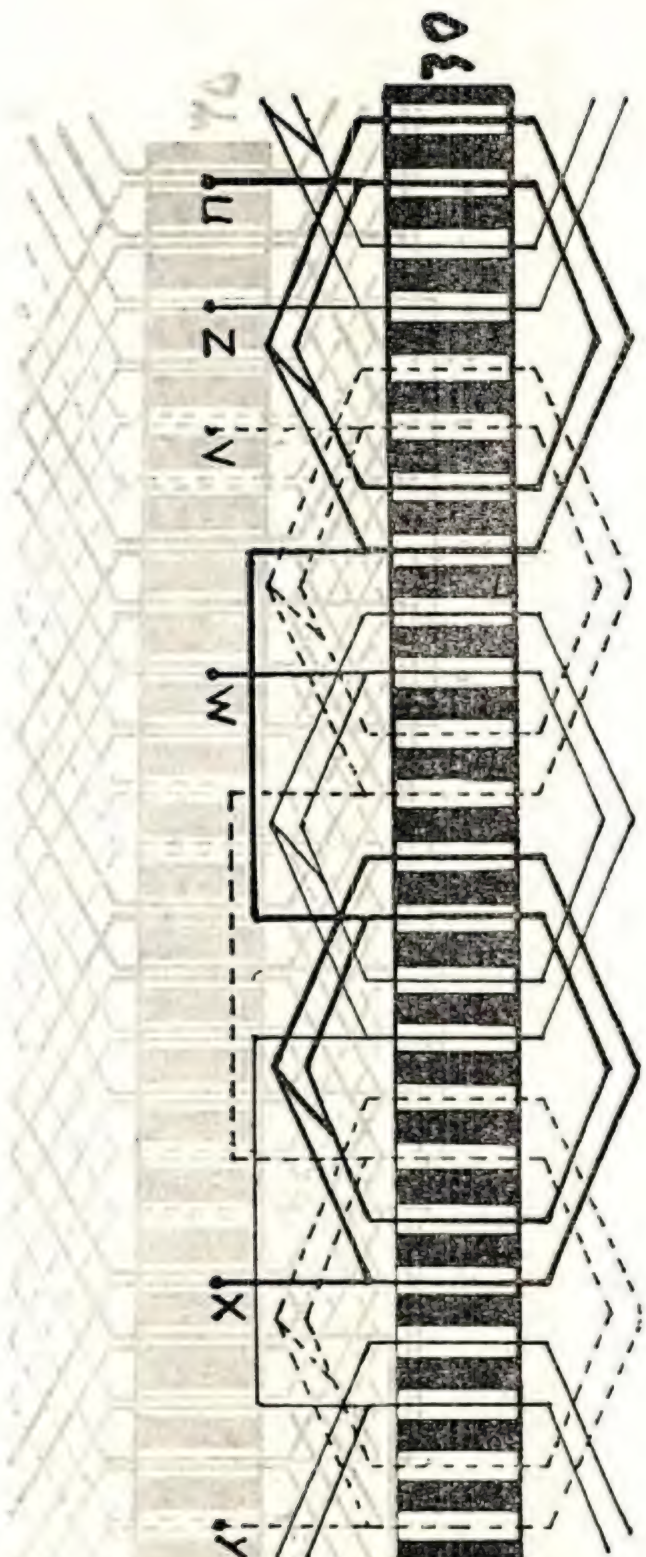
$$\text{عدد مجرى القطب} = ٢٤ \div ٤ = ٦ \quad \text{خطوة الف} = ٦ + ١ = ٧$$



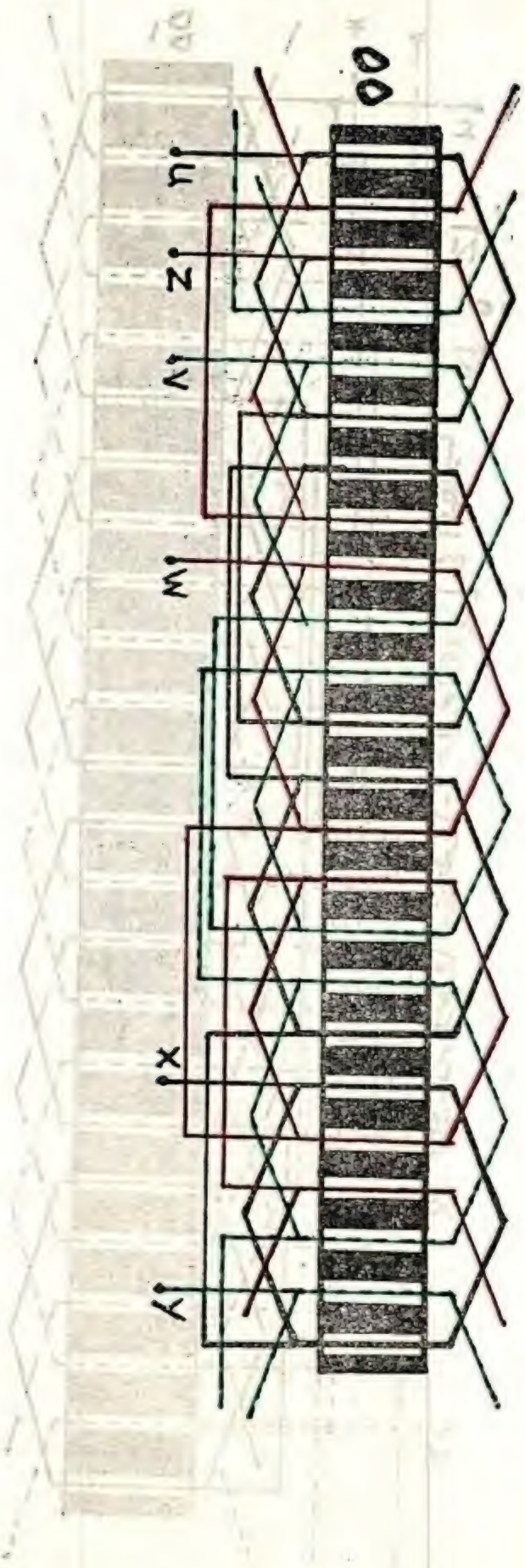
محرك ثلاثة اوجه ٢٤ مجرى ٢ قلب خط ولف (٧ - ١) ثابتة جانبيين في المجري



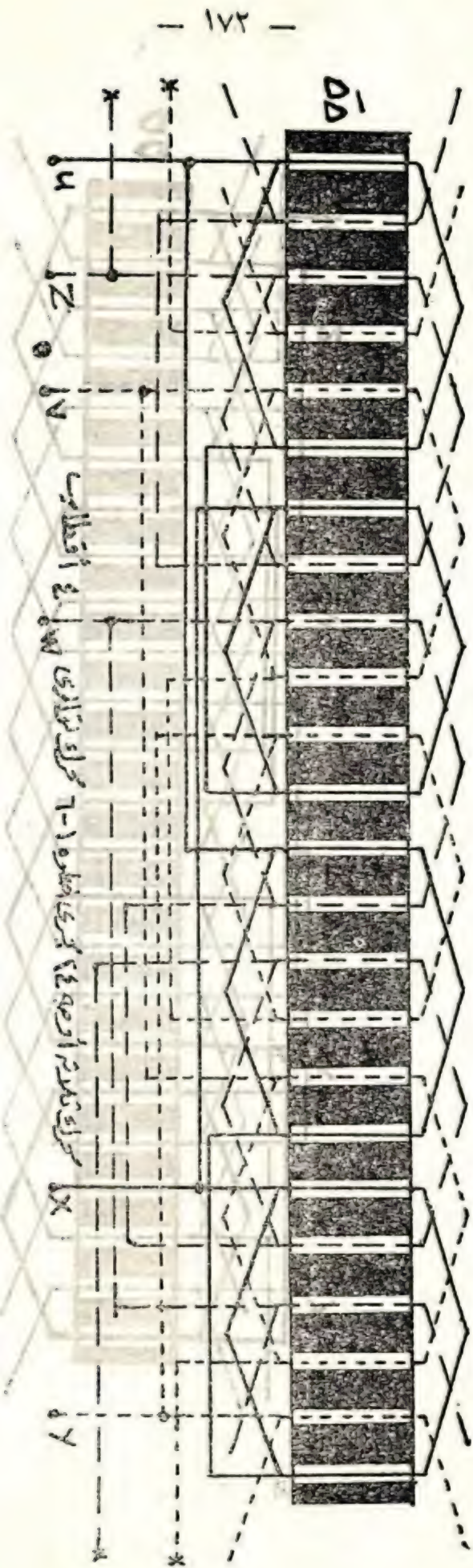
محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٨ - ٦) متداخلة جانب واحد
عدد مجرى القطب = $24 \div 2 = 12$ عدد مجرى الوجه تحت القطب = $12 \div 2 = 6$ مجرى
خطوة الملف الأصفر = (عدد مجرى الوجه تحت القطب 2×2) = $2 + (2 \times 2) = 6$



محرك ثلاثة اوجه ٢٤ مجرى ؟ تطبق له (١ - ٦) ثابثة جانب واحد ذات الجناحين



محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٤ قطب جانب واحد تترازى خطوه ثابتة ١ - ٢ توصيل نهاية المجموعة الأولى مع نهاية الثانية وتوصيل نهاية الثالثة مع نهاية الرابعة ثم توصيل بداية الثانية مع بداية الرابعة وخرج طرف نهاية الوجه وتوصيل بداية الثالثة مع بداية الأولى ويخرج طرف بداية الوجه .



| رتم المجموعة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
|--------------|---|---|---|---|---|---|
| الوجه الأول | ٢ | ٢ | ١ | ١ | ١ | ١ |
| الوجه الثالث | ٢ | ٢ | ١ | ١ | ١ | ١ |
| الوجه الثاني | ١ | ١ | ١ | ٢ | ٢ | ١ |

محرك ششاذ

محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى

٦ قطب خطوة (١ - ٥) .

عدد مجرى القطب = ٢٤ ÷ ٦

= ٤ مجرى .

الخطوة = ١ - ٥

عدد مجرى الوجه تحت القطب =

٤ ÷ ٢ = ٢ = ١ مجرى .

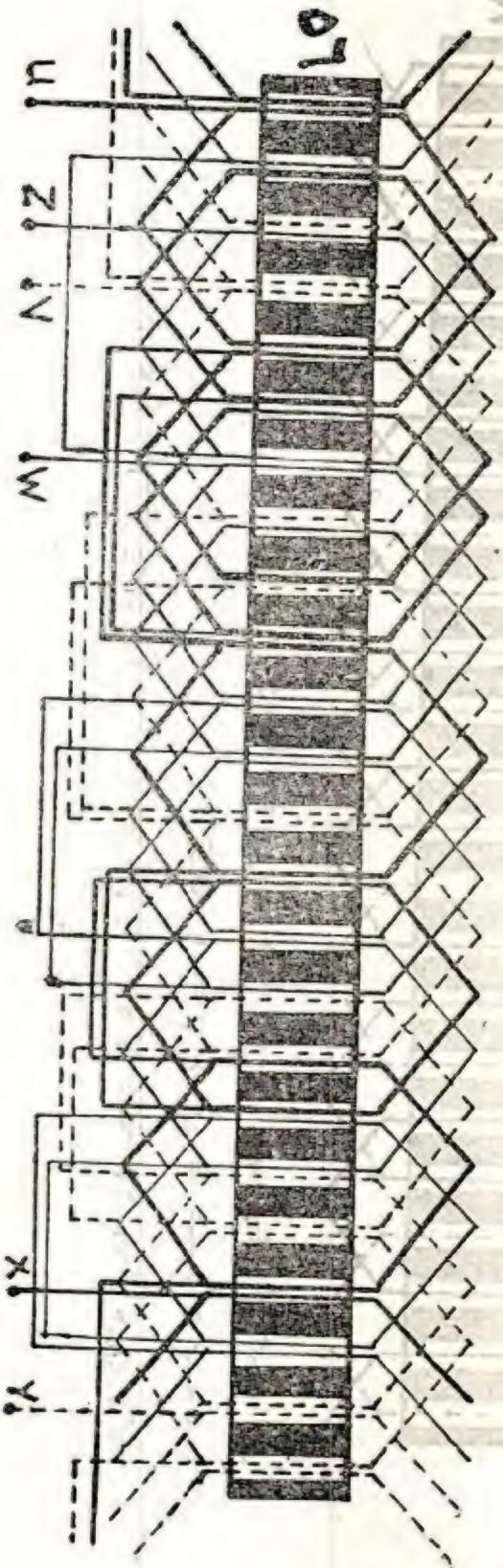
نظرا لأن الكسر خلال نصف

لا بد من استعمال الجدول مع مراعاة

بداية كل وجه .

ترتيب اسقاط الملفات

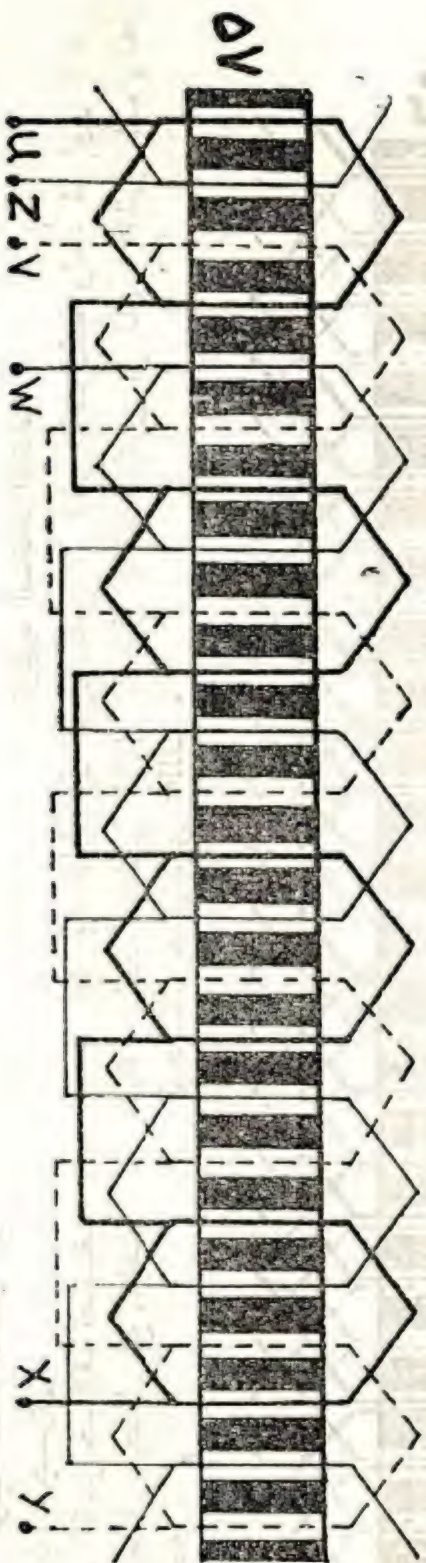
أبدأ باسقاط أول الأول ملفين ثم آخر ثالث ملف واحد ثم أول الثاني ملف واحد ثم أول الثالث ملفين ثم ثاني الثاني ملف واحد وهكذا حتى ينتهي الملف .



محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٨ قطب خطوط لف (١ - ٤) ثابتة جانب واحد

عدد مجرى القطب = $24 \div 8 = 3$ مجرى

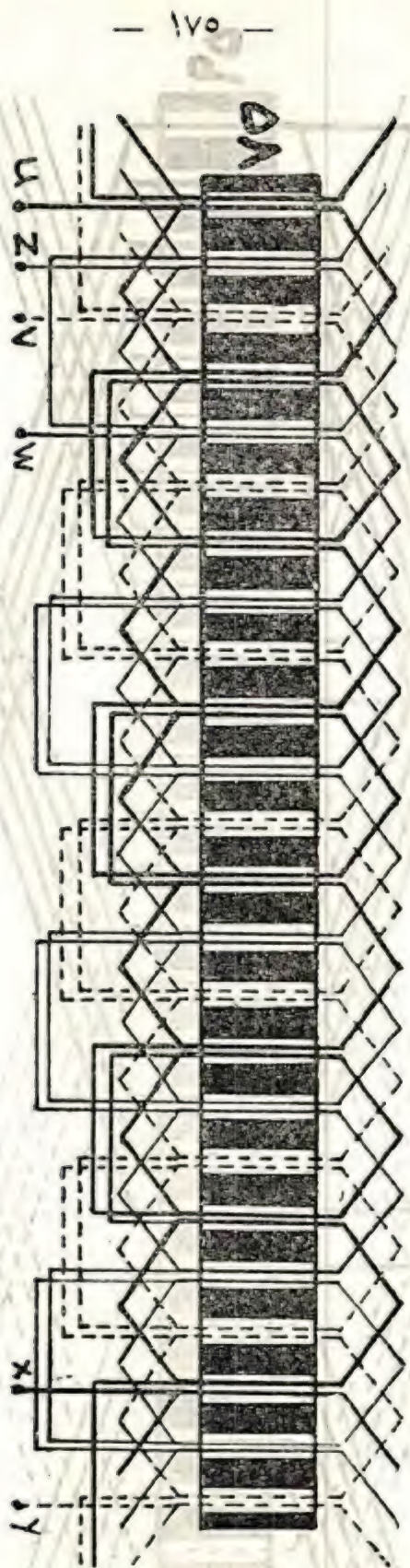
عدد مجرى الوجه تحت القطب = $3 \div 3 = 1$ مجرى



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ | ١٦ | ١٧ | ١٨ | ١٩ | ٢٠ | ٢١ | ٢٢ | ٢٣ | ٢٤ |
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ | ١٦ | ١٧ | ١٨ | ١٩ | ٢٠ | ٢١ | ٢٢ | ٢٣ | ٢٤ |

محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى ٨ قطب خطوة لف

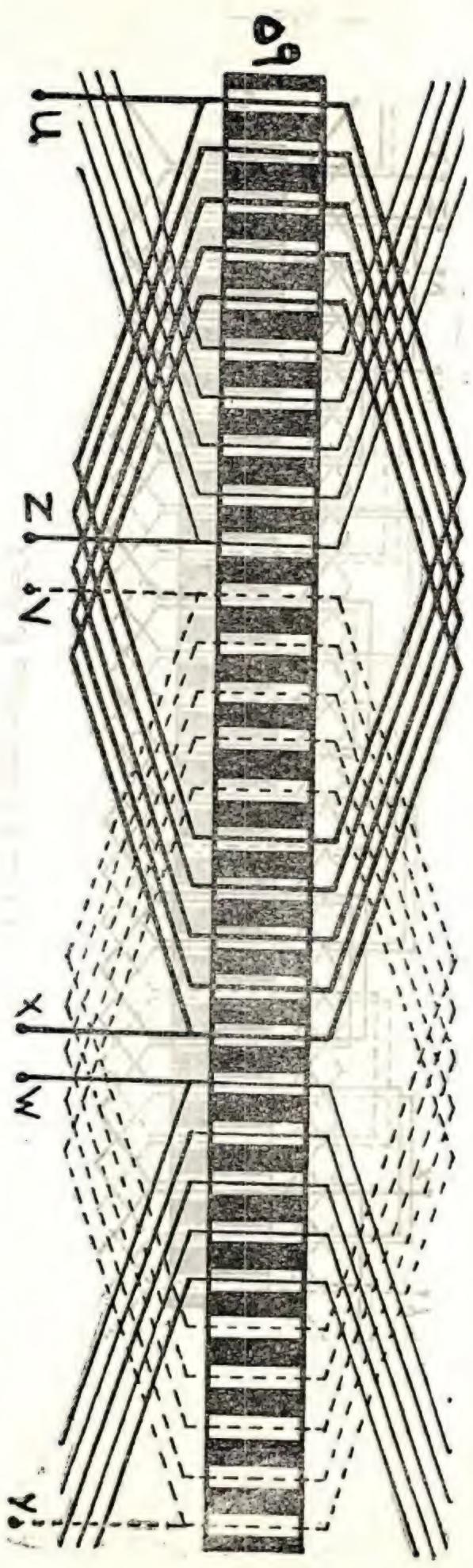
(١ - ٤) ثابتة جانبيين في المجرى



محرك ثلاثة أوجه ٣٠ مجرى ٢ قطب خطورة لف (١ - ١٦) ثابتة جانب واحد - الخطورة

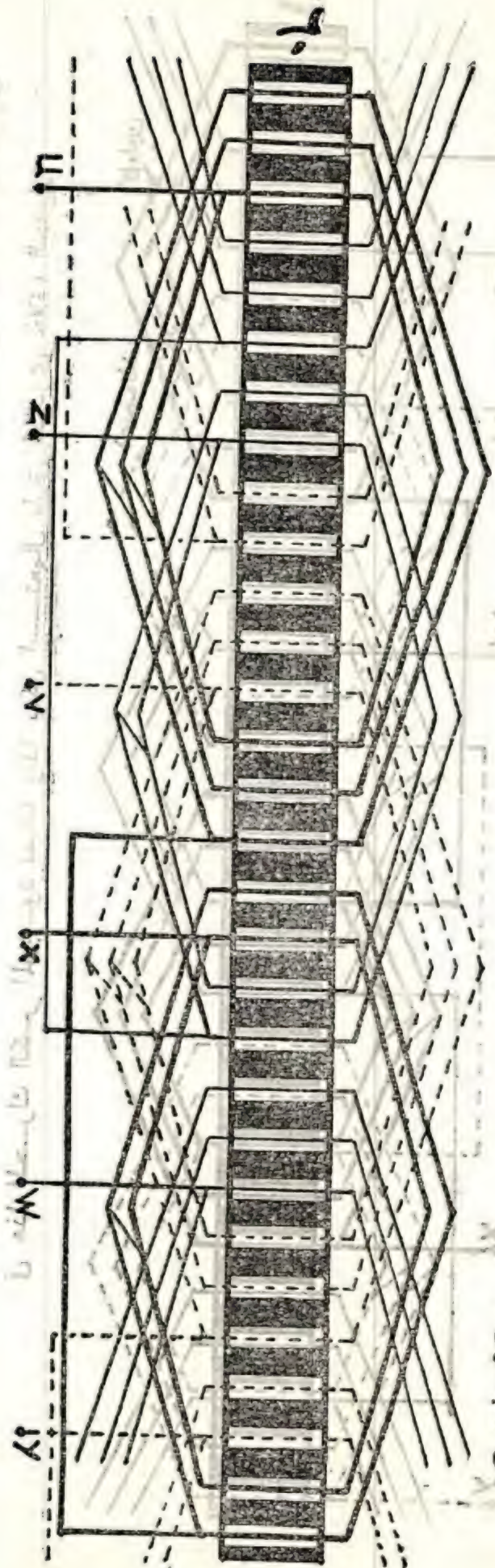
$$١٦ = ١ + ١٥ =$$

عدد مجرى القطب = ٣٠ ÷ ٢ = ١٥ مجرى عدد مجرى الوجه تحت القطب = ١٥ ÷ ٣ = ٥ مجرى



محرك ثلاث أوجه ٣٠ مجرى ٢ تقطع خطسورة اللانف ثلاث ملفات (١٢ - ١٤ - ١٦) وملفين (١٢ - ١٤) متداخلة جانب واحد ذات جناحين .

في هذا المرك يمكن جعل الجناحين ثلاث ملفات (١٢ - ١٤ - ١٦) على أن يكون الملف ١٦ جانبيين في الجرى .

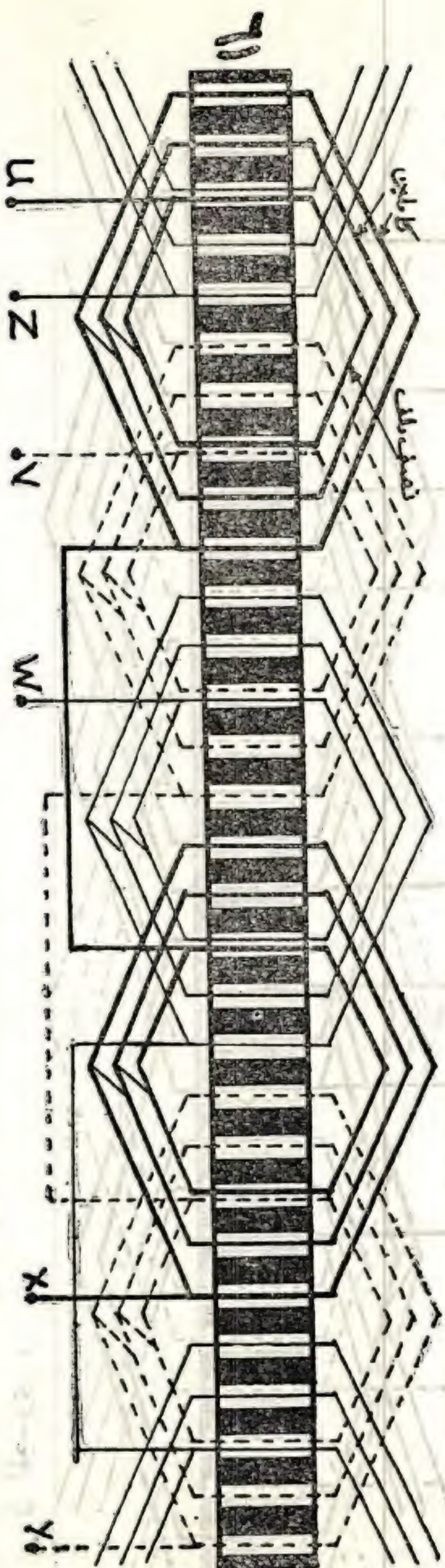


هذا المحرك يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: ١- المحرك ٢- المضخة ٣- الخزان. ويستخدم هذا المحرك في ضخ المياه من الآبار والعيون.

محرك ثلاث أوجه

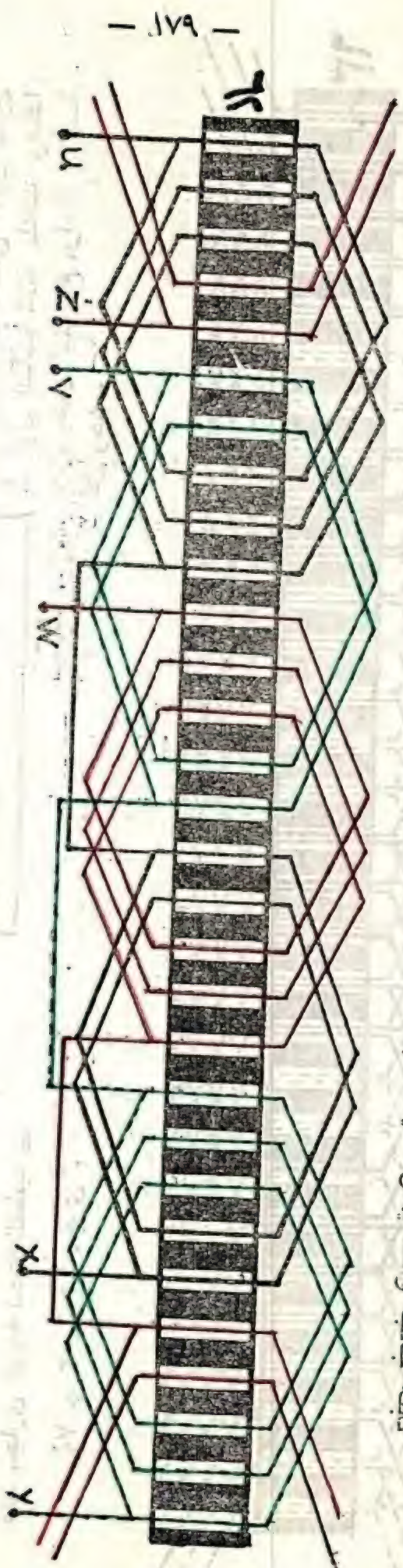
محرك شـاز

محرك ثلاثة أوجه ٣٠ مجرى ٤ قطب خطوة لف (٦ - ٨ - ١٠) متداخلة جانب واحد
 عدد مجارى القطب = ٣٠ ÷ ٤ = ٧ ١/٢ مجرى عدد مجارى الوجه تحت القطب = ٧ × ٣ = ٢١ مجرى
 في هذا المحرك الكسر الموجود نصف وإذا يمكن استعمال طرق أخرى خلاف الجدول



طريقة ثانية

محرك ثلاثه اوجه ٢٠ مجرى ٤ قطب خطوة لف، على اساس ثلاث ملفات (١ - ٨) وثمانين (٩ - ١٠) ثابته جانب واحد يمكن تنفيذها جانب واحد متداخلة ثلاث ملفات (١ - ٨ - ١٠) وثمانين (٨ - ١٠).



يحول عدد مجارى الوجه تحت القطب الى ملفين وثلاثة ملفات حسب ترتيب الجدول الاتي :

ترتيب الاسقاط

اسقاط اول الاول ثلاثة ملفات ثم آخر الثالث ملفين ثم اول الثانى ثلاثة ملفات ثم ثنائى الاول ملفين ثم اول الثالث ثلاثة ملفات وهكذا

حتى يكتمل اللف مع مراعاة بدايته كل وجه .

| رقم الجوه | 1 | 2 | 3 |
|--------------|---|---|---|
| الوجه الاول | 3 | 2 | 2 |
| الوجه الثالث | 3 | 2 | 2 |
| الوجه الثانى | 3 | 2 | 2 |

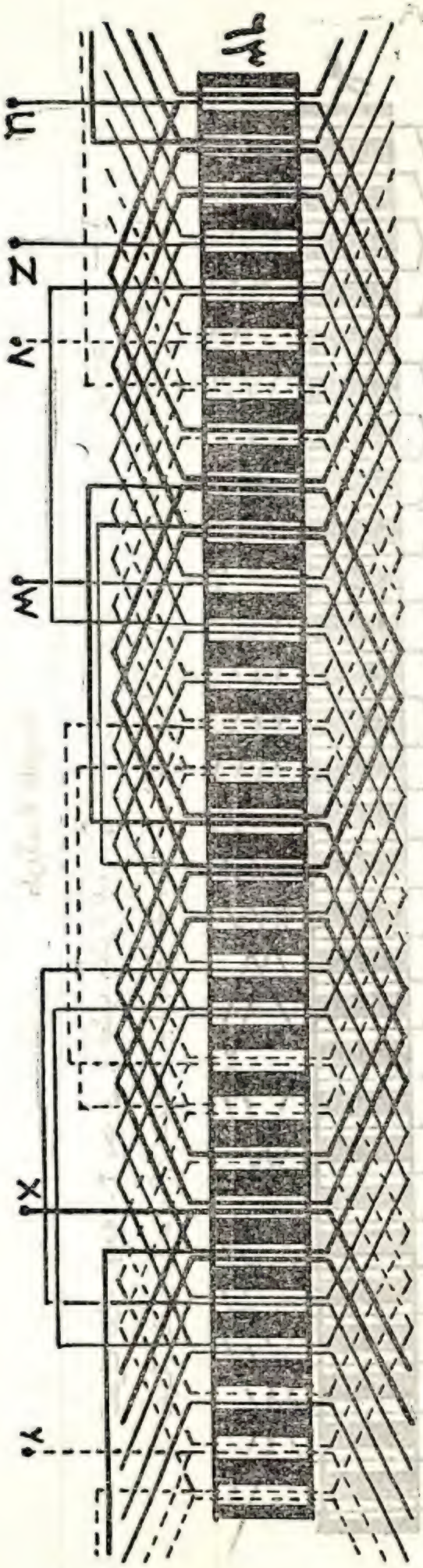
محرك ثلاثة أوجه ٣٠ مجرى ٤
قطب خطوة لف (١ - ٨) ثابتة
جانبيين فى المجرى .

عدد مجارى القطب =

$$= 30 \div 7\frac{1}{2} = 4 \text{ مجرى } .$$

عدد مجارى الوجه تحت القطب =

$$= 30 \div 7\frac{1}{2} = 4 \text{ مجرى } .$$



يحول عدد مجارى الوجه تحت القطب الى ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠

بحسب الجدول :

| رقم المجموعة | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
|--------------|---|---|---|---|---|---|
| الوجه الاول | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
| الوجه الثالث | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |
| الوجه الثاني | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ |

ترتيب اسقاط الملفات

ابدا باسقاط اول الاول ملف واحد ثم آخر الثالث ملفين ثم اول الثاني ملف ثم ثاني الاول ملفين ثم اول الثالث ملف واحد ثم ثاني الثاني ملفين وهكذا حتى ينتهي الف .

محرك ثنائي

محرك ثلاثة اوجه ٣٠ مجرى ٦ تطيب

عدد مجارى القطب =

$$٣٠ = ٦ \div ٥$$

خطوة الف (١ - ٦) ثابتة جانبيين

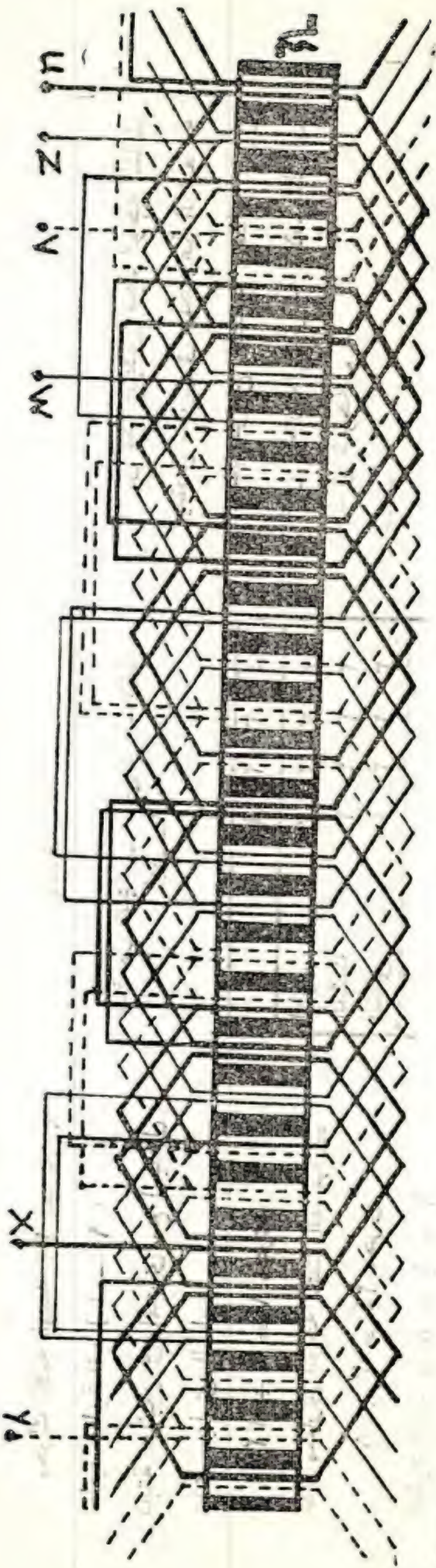
عدد مجارى الوجه تحت القطب =

$$٥ = ٣ \div ١ \frac{٢}{٣}$$

الكسر خلاف نصف لبدء من

استعمال الجدول وهي طريقة

واحدة .



محرك شمال

استعمل الجدول الآتي في استقاط
المفاتيح

| | ٤ | ٣ | ٢ | ١ |
|--------|---|---|---|---|
| الأول | ٣ | ٣ | ٢ | ٣ |
| الثالث | ٢ | ٢ | ٢ | ٣ |
| الثاني | ٢ | ٢ | ٣ | ٣ |

محرك ثلاثة أوجه ٣٢ مجرى ٤

قطب خطوة لف (١ - ٩)

ثابتة جانبيين في المجرى مع الجدول

عدد مجارى القطب =

$$٨ = ٣٢ \div ٤$$

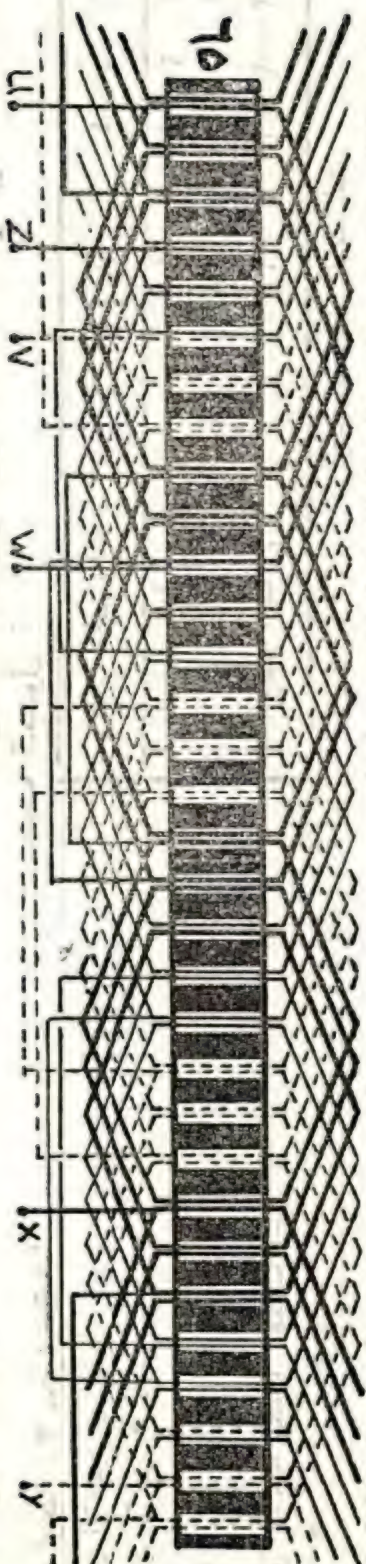
عدد مجارى الوجه تحت القطب =

$$٨ = ٣٢ \div ٤$$

$$٩ = ٨ + ١$$

في هذا الجدول تجد الوجه الثالث
يتنص مجرى في المجموعة الرابعة
حسب توزيع المفاتيح وهذا لا يؤثر
على المحرك وطريقة الاستقاط كما

سبق شرحه .



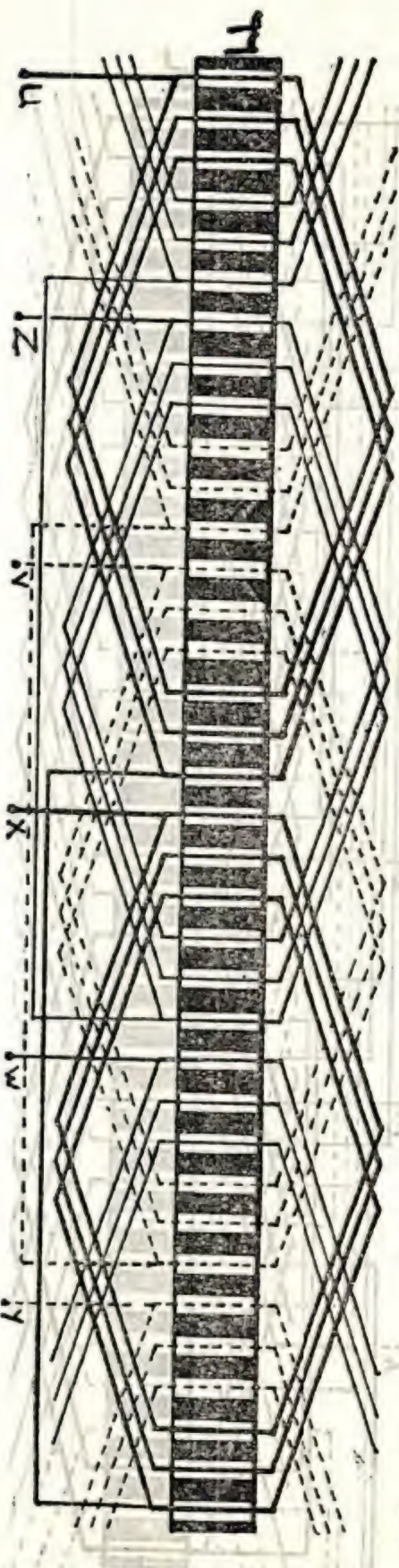
محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٢ قطب خطوة لف (١ - ١٦) ثابتة جانب واحد ذات الجناحين

عدد مجارى القطب = ٣٦ ÷ ٢ = ١٨ مجرى عدد مجارى الوجه تحت القطب = ١٨ ÷ ٣ = ٦ مجرى

• قسمت نصفين

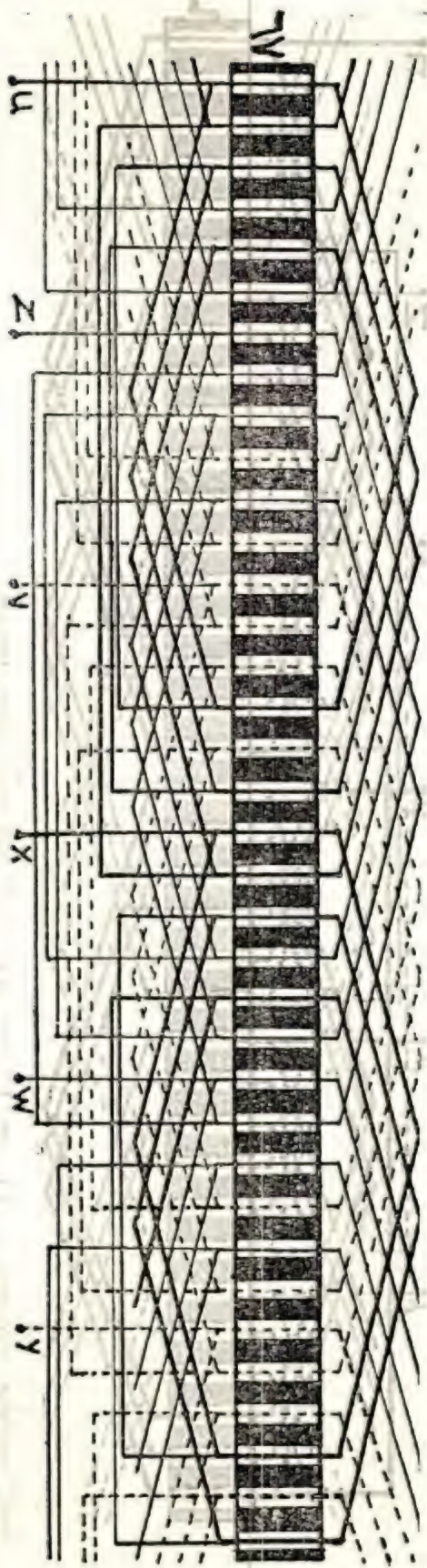
خطوة الف = ١٨ - ٢ = ١٦ مجرى قطبية - ٢

• يمكن تنفيذها متداخلة (١٤ - ١٦ - ١٨) كل جناح ثلاث ملفات



• امرنة قيمة الخطوة ثابتة في القطبين جناحين أوجد متوسط ملفات جناح متداخلة

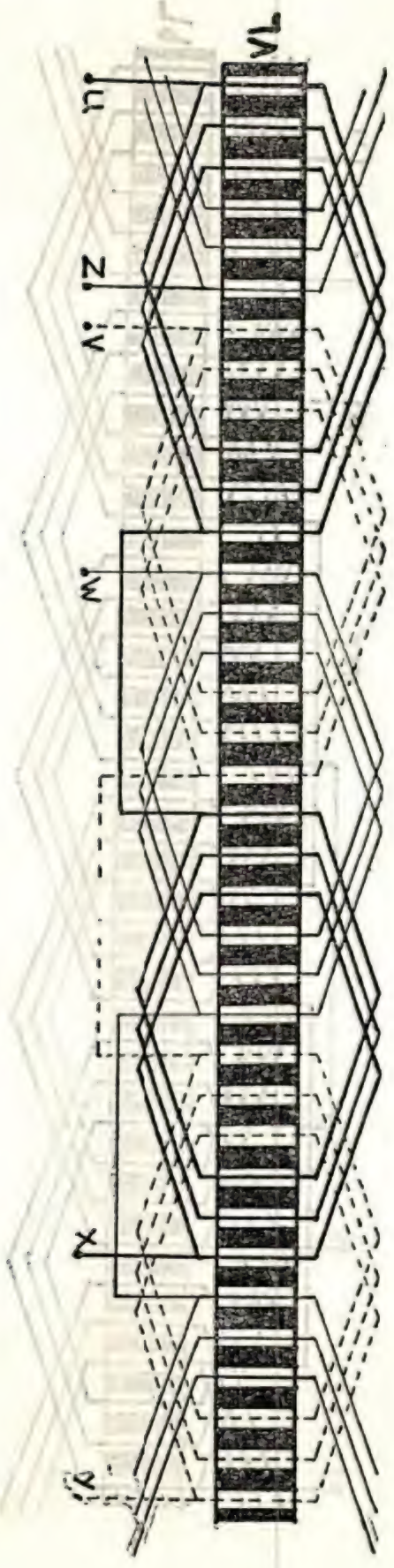
محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٢ قليب خطوة لف (١ - ١٦) بطريقة اخرى ثابتة جانب واحد
جناحين وقد سبق شرح طريقة اسقاط الملف مع مراعاة ان هذه الطريقة لا تتفد متداخلة



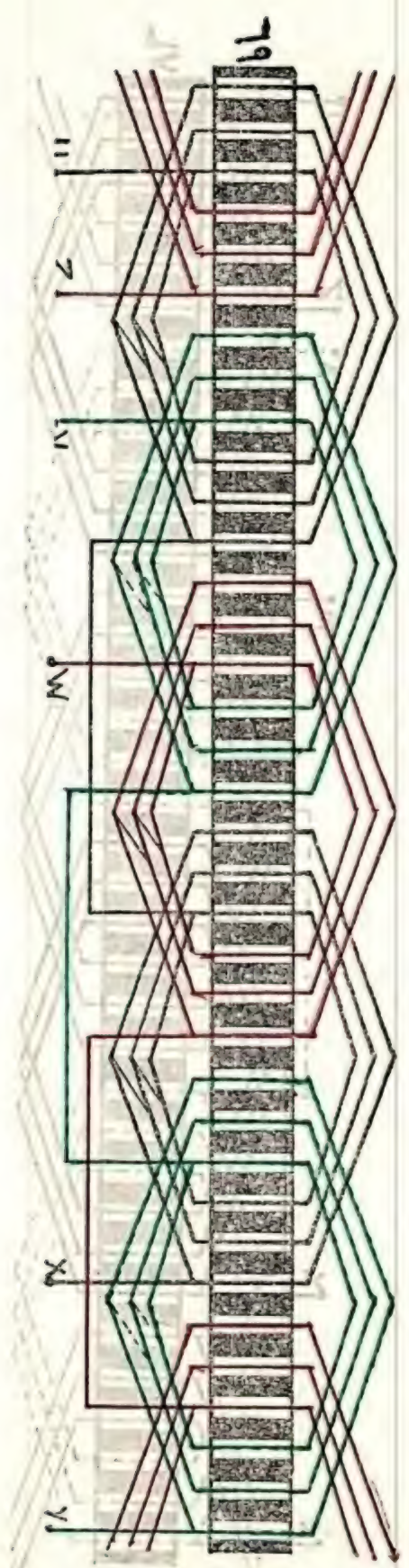
محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطوة لف (١٠ - ١) ثابتة جانب واحد

عدد مجرى القطب = $36 \div 4 = 9$ عدد مجرى الوجه تحت القطب = $9 \div 3 = 3$ مجرى

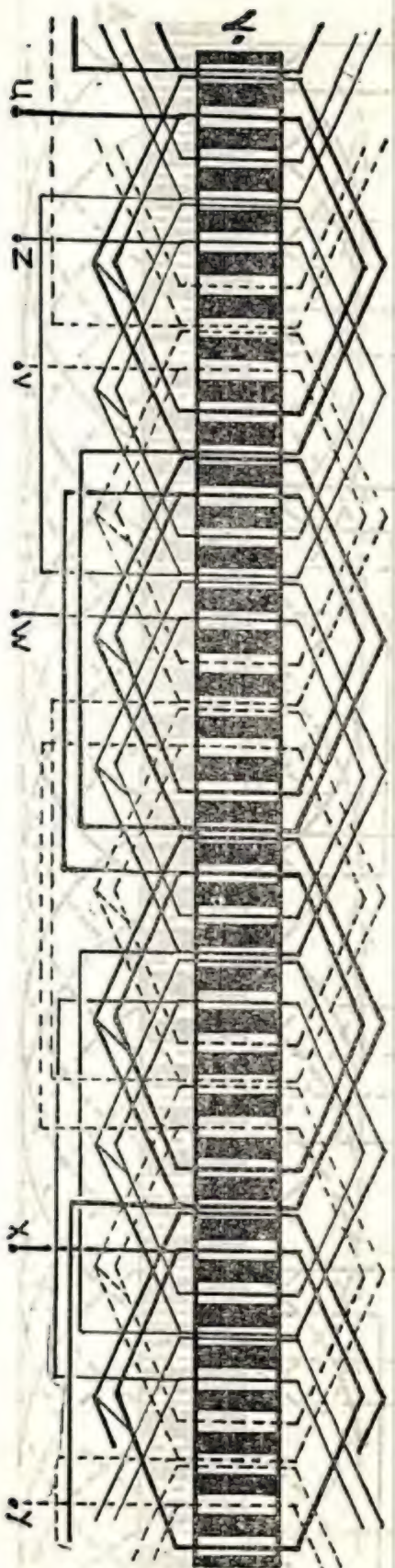
خطوة اللف = $9 + 1 = 10$ (اى قلبية + ١)



محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطوة الف (٨ - ١٠ - ١٢) متداخلة جانب واحد
خطوة الملف الأصغر = $(٣ \times ٢) + ٢ = ٦ + ٢ = ٨$ مجرى

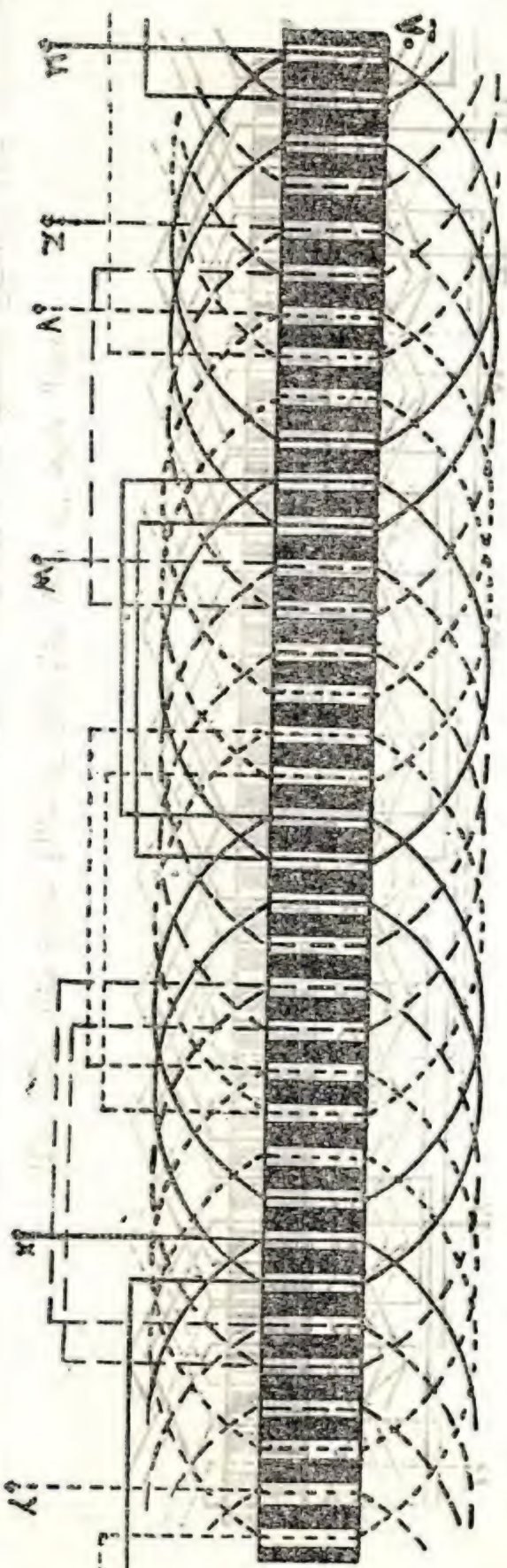


محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ؟ قطب خطوط لف (٨ - ١٠) قطب نقطة فقط متداخلة جانب وجانبين ذات الجنبين
الملف الاكبر يلف نصف والاصغر يلف ملف كامل من حيث العدد



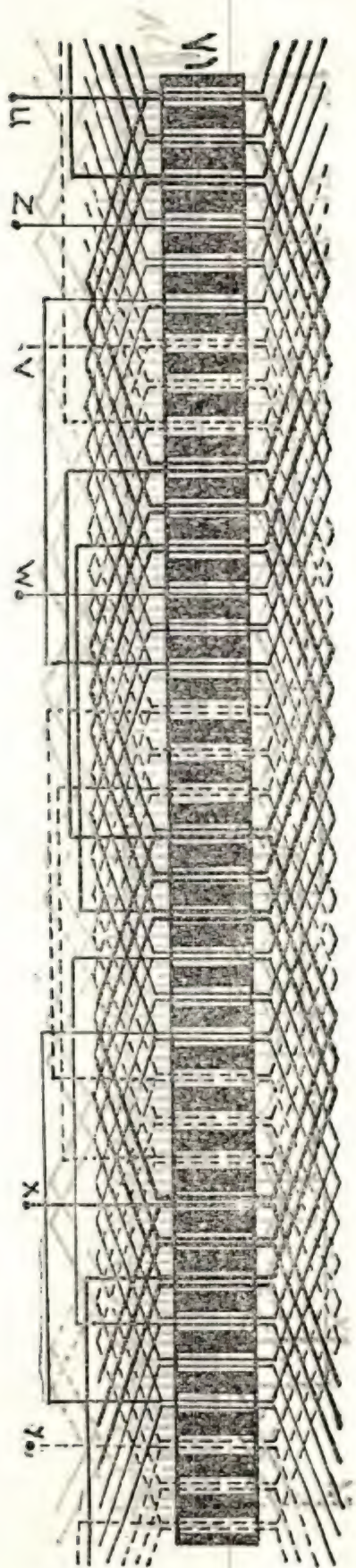
محرك ثلاثة أوجه ٣١ مجرى ٤ قطب

عدد مجارى القطب = $31 \div 4 = 9$ مجرى ألف قطبية + $1 = 9 + 1 = 10$
 عدد مجارى الوجه تحت القطب = $9 \div 3 = 3$ مجرى تسقط حسب الانفراد ملفين في اتجاه وملف في اتجاه آخر
 بطريقة اسقاط ملف وترك مجرى .



محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطية لف (١ - ١٠) ثابتة جانبين في المجرى

— ١٨٩ —



محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطية لف

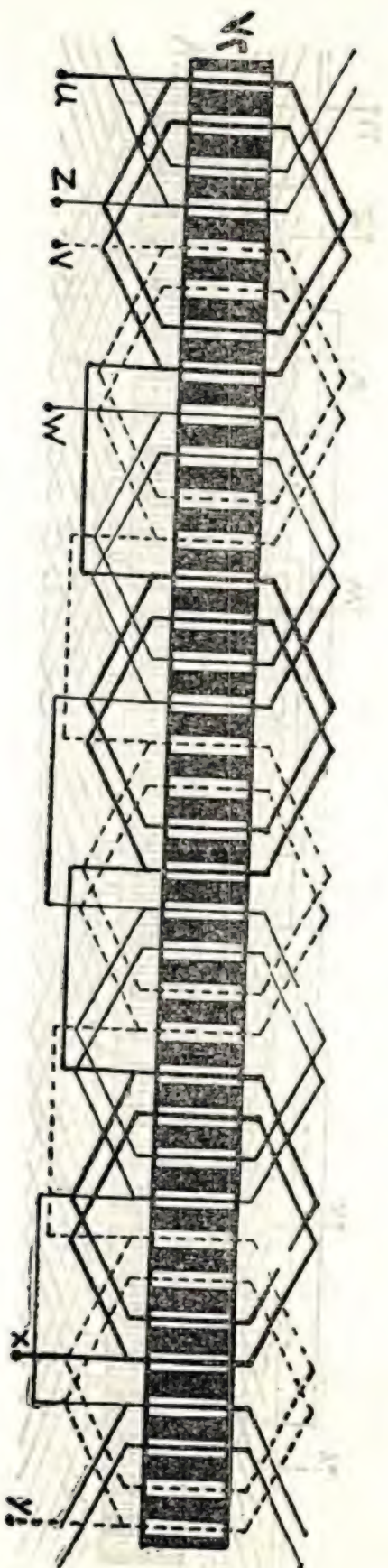
محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطية لف (١ - ١٠) ثابتة جانبين في المجرى

محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٤ قطب خطية لف (١ - ١٠) ثابتة جانبين في المجرى

محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٦ قطب خطوة لك (٧ - ١) ثابتة جاذب واحد

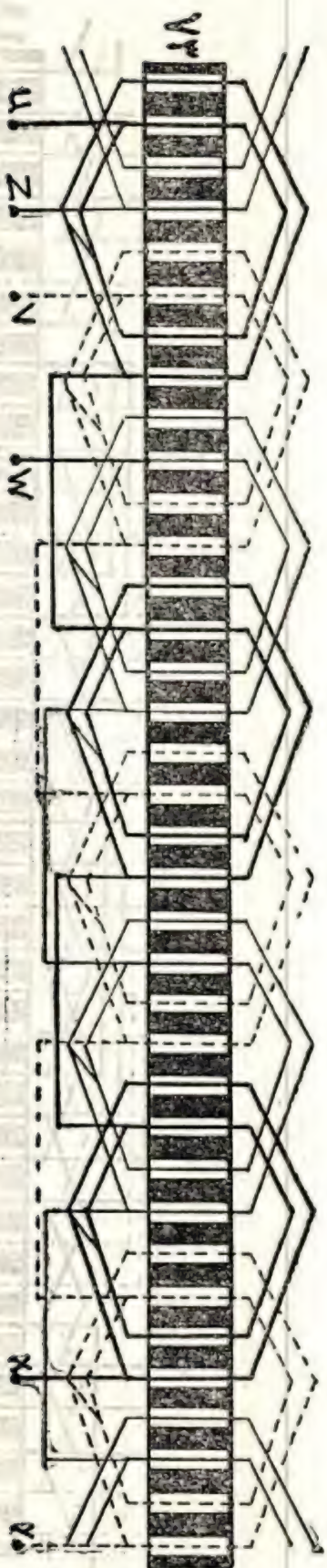
عدد مجرى القطب تحت الوجه $6 = 36 \div 6$ عدد مجرى $6 = 36 \div 6$ عدد مجرى القطب $6 = 36 \div 6$

$$\text{خطوة لك} = 6 + 1 = 7$$

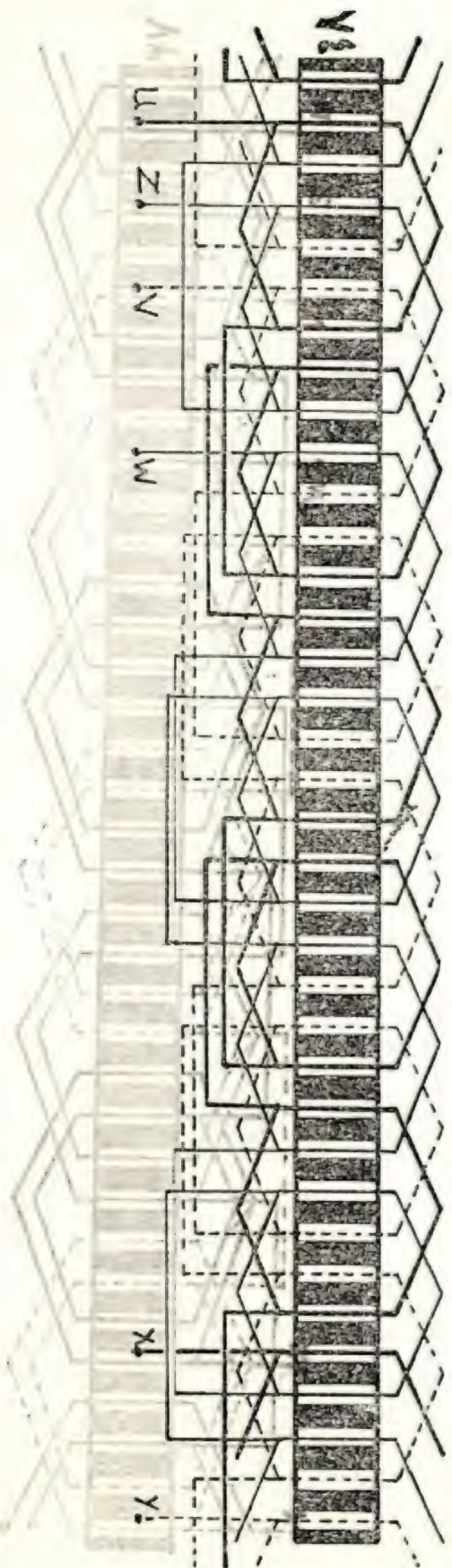


محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٦ قطب خطوة لف (٦ - ٨) متداخلة جانب واحد

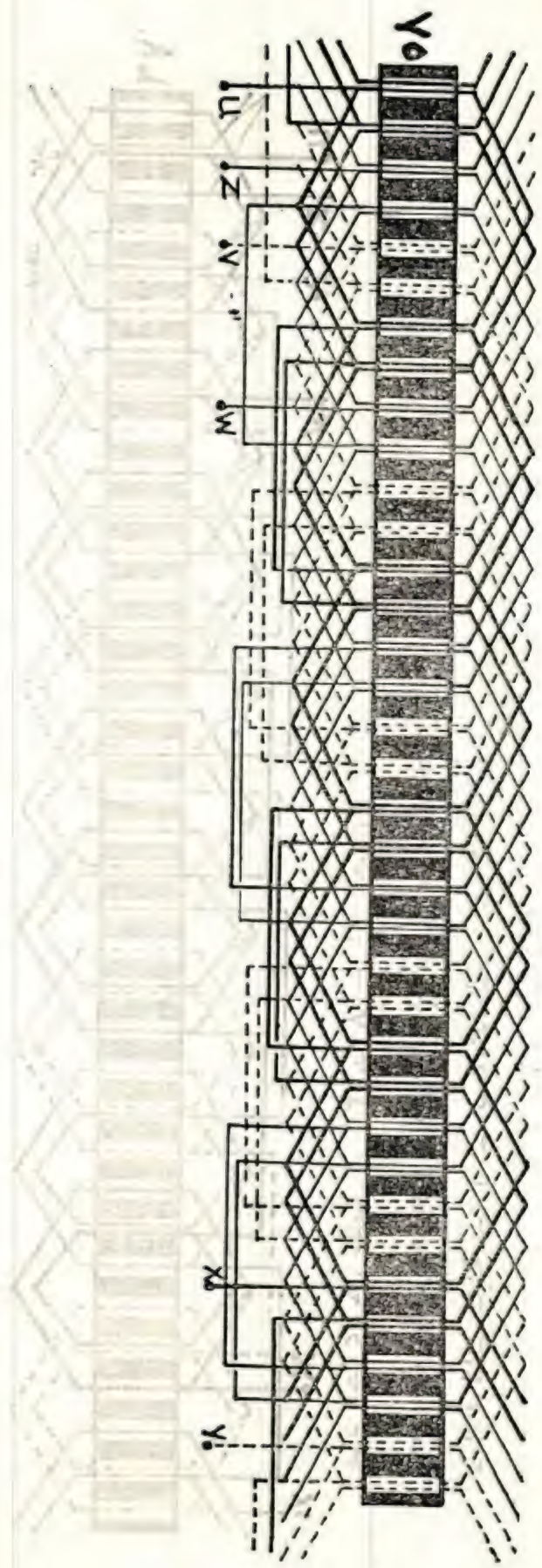
$$\text{خطوة الملف الاصغر} = (٢ \times ٢) + ٢ = ٤ + ٢ = ٦$$



محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٦ قطب خطوة لف (١ - ٦) ثابتة جانب واحد ذات الجناحين
خطوة اللف قطبية فقط = عدد مجرى القطب = ٦ مجرى

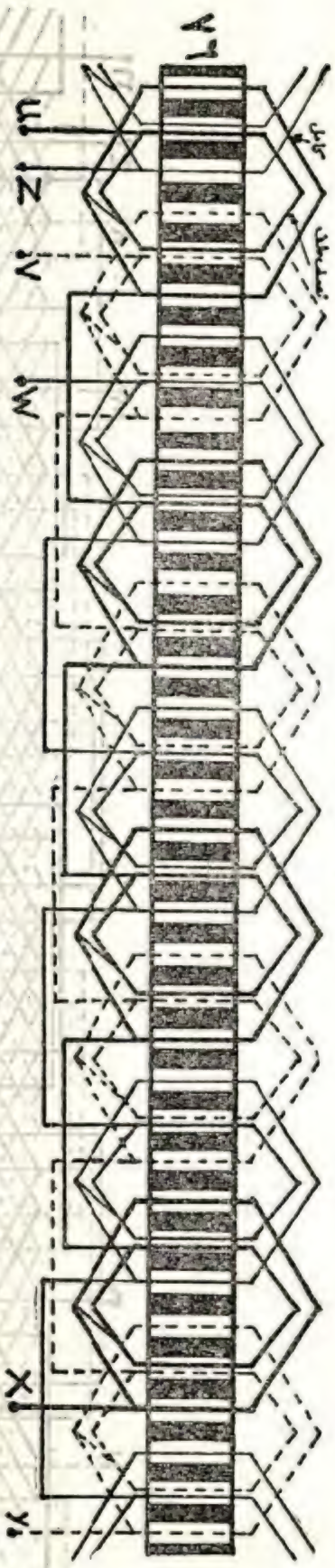


محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٦ قطب خطرة
لف (١ - ٧) ثابثة جانبيين في الجرى تعبية + ١



محرك شمسك

محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى ٨ قطب خطوة لشف (٤ - ٦) متداخلة جانب وجانبين في المجارى لا يستعمل الجدول في هذه الطريقة لأن الكسر نصف على أن يكون الملف الأصغر نصف ملف والملف الأكبر ملفه كامل كما سبق شرحه



== ٣٦١ ==

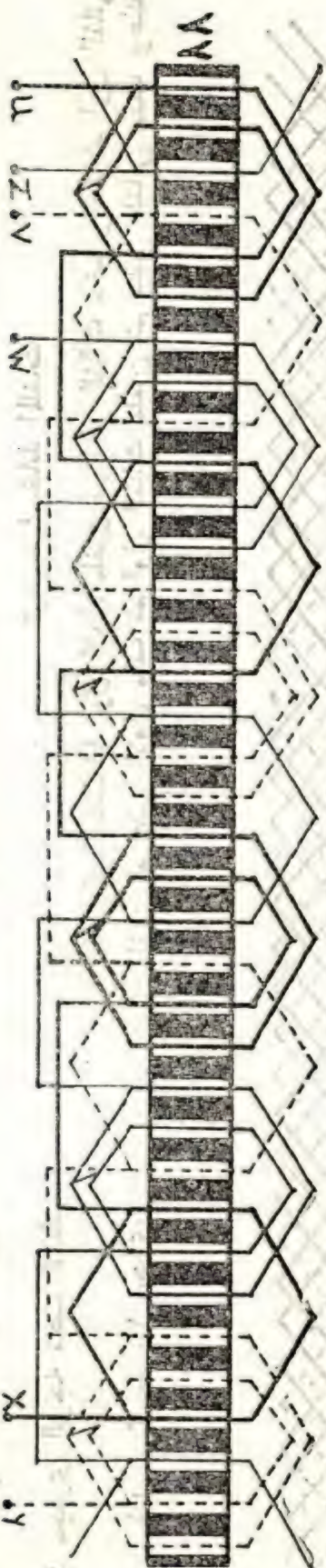
عدد مجارى كل قطب = $٣٦ \div ٨ = ٤ \frac{1}{2}$ مجرى
عدد مجارى الوجه تحت القطب = $٤ \frac{1}{2} \div ٣ = ١ \frac{1}{2}$ مجرى
خطوة الملف ثابتة = ١ - ٥ ومتداخلة ٤ - ٦

٨٥

طريقة تاليف

محرك ثلاثة اوجه ٣٦ مجرى ٨ قطب خطوة ١ف على أساس ملفين متداخلين (٤ - ٦) وملف ثابت (١ - ٦) يمكن تنفيذها ثابتة ملفين

$$(١ - ٥) \text{ ملف } (١ - ٦) .$$



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ | ١٦ | ١٧ | ١٨ | ١٩ | ٢٠ | ٢١ | ٢٢ | ٢٣ | ٢٤ | ٢٥ | ٢٦ | ٢٧ | ٢٨ | ٢٩ | ٣٠ | ٣١ | ٣٢ | ٣٣ | ٣٤ | ٣٥ | ٣٦ |
| ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ | ١٦ | ١٧ | ١٨ | ١٩ | ٢٠ | ٢١ | ٢٢ | ٢٣ | ٢٤ | ٢٥ | ٢٦ | ٢٧ | ٢٨ | ٢٩ | ٣٠ | ٣١ | ٣٢ | ٣٣ | ٣٤ | ٣٥ | ٣٦ |

تحت محرك ٣ اوجه
محرك ٣ اوجه ٣٦ مجرى
١٥٥

محركات الوجه الواحد

ذات السرعات

محرك الوجه الواحد المستعمل لأكثر من سرعة هو من النوع الغير مزود بمفتاح طرد مركزي وعلى هذا يكون تقسيمه على أساس نصف المجارى لللفات التشغيل والنصف الثانى لللفات التقويم على أن يتواجد المكثف مع ملفات التقويم وفى هذا المحرك للحصول على السرعات المطلوبة تضاف مجموعة ملفات ثالثة تشترك مع كل من التشغيل والتقويم فى المجارى وعن طريق ادخال ملفات هذه المجموعة الثالثة فى الدائرة تتغير قيمة المقاومة وكذا قيمة الفيض المغناطيسى وبذلك نحصل على السرعة المطلوبة مع مراعاة أن قطبية المحرك ثابتة لا تتغير ولكن زيادة السرعة أو نقصانها رجوع لعدد ملفات المجموعة الثالثة فى الدائرة حيث نجد فى سرعة تدخل نصف الملفات وفى سرعة أقل تدخل الملفات جميعها هذا اذا كان المحرك ثلاث سرعات، أما اذا كان سرعتين فقط فتدخل جميع الملفات المجموعة الثالثة فى الدائرة عند الحصول على السرعة الأقل والرسومات الآتية توضح هذا .

مثال لعملية التقسيم

محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٤ أقطاب يراد تقسيمه لثلاث سرعات .

التقسيم

$$\text{عدد مجارى التشغيل} = 16 \div 2 = 8 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى التقويم} = 16 - 8 = 8 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى قطب التشغيل} = 8 \div 2 = 4 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى قطب التقويم} = 8 \div 2 = 4 \text{ مجرى}$$

نوعية اللف جانب واحد خطوة متداخلة

$$\text{قيمة خطوة الملف الأصغر تشغيل أو تقويم} = 2 + 2 = 4 \text{ مجرى}$$

$$\text{قيمة خطوة الملف الثانى تشغيل أو تقويم} = 2 + 4 = 6 \text{ مجرى}$$

خطوة ملفات المجموعة الثالثة متداخلة ومشتركة مع التشغيل والتقويم

(٤ ، ٦) وعلى هذا يكون التشغيل والتقويم كل منهما ٤ ملفات والمجموعة

الثالثة ٨ ملفات .

مثال آخر

محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٤ أقطاب يراد تقسيمه للفه سرعتين .

التقسيم

$$\text{عدد مجارى التشغيل} = 24 \div 2 = 12 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى التقويم} = 24 - 12 = 12 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى قطب التشغيل} = 12 \div 4 = 3 \text{ مجرى}$$

$$\text{عدد مجارى قطب التقويم} = 12 \div 4 = 3 \text{ مجرى}$$

نوعية الف جانب واحد خطوة متداخلة

$$\text{قيمة خطوة الف الأصفر تشغيل أو تقويم} = 3 + 2 = 5 \text{ مجرى}$$

$$\text{قيمة خطوة الف الثانى تشغيل أو تقويم} = 5 + 2 = 7 \text{ مجرى}$$

$$\text{قيمة خطوة الف الثالث تشغيل أو تقويم} = 7 + 2 = 9 \text{ مجرى}$$

خطوة ملفات المجموعة الثالثة متداخلة ومشاركة مع التشغيل والتقويم

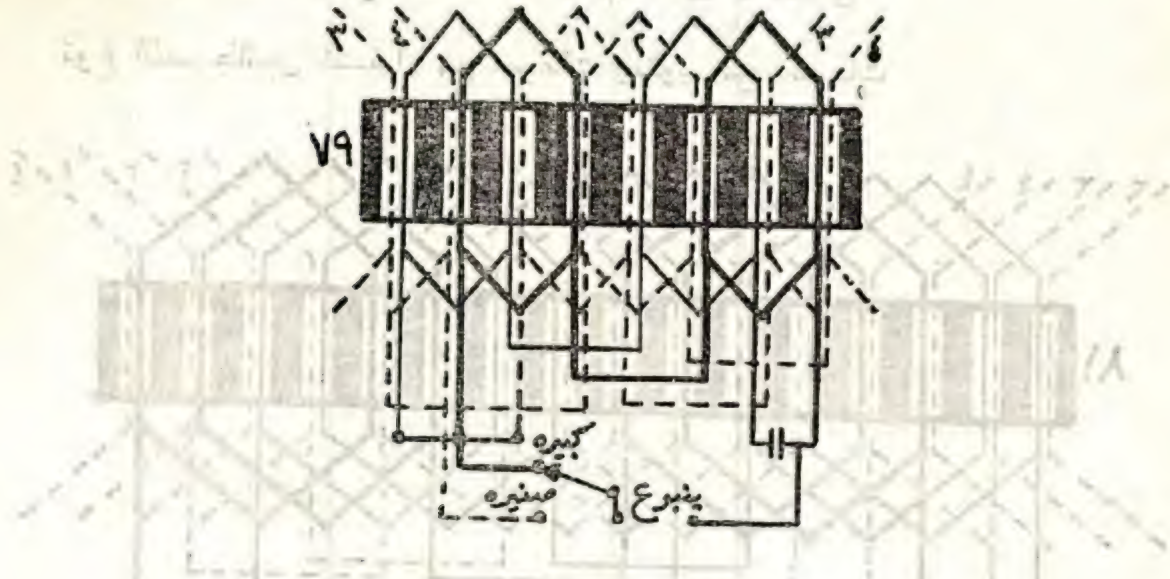
(٥ ، ٧ ، ٩) وعلى هذا يكون عدد ملفات كل من التشغيل والتقويم ٦ ملف

وعدد ملفات المجموعة الثالثة ١٢ ملف .

محركات مراوح السقف

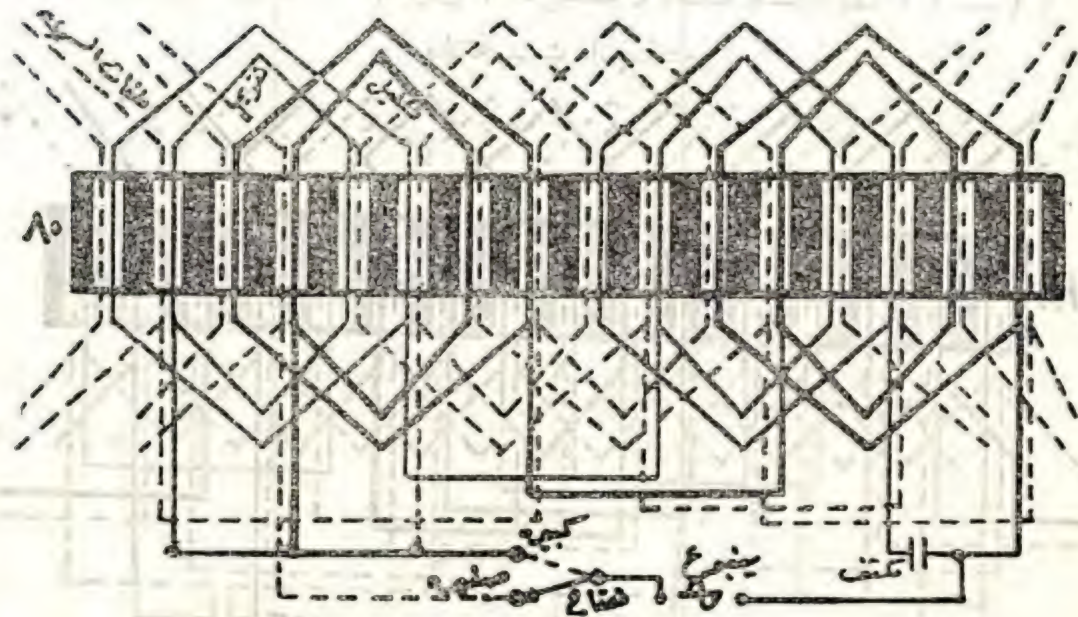
ينطبق على محركات مراوح السقف نوع المحرك السابق شرحه وكذا طريقة تقسيمه الا أن التحكم في قيمة السرعة يكون عن طريق مقاومة خارجية مدرجة وعلى مقدار ما يدخل من هذه المقاومة في الدائرة تتأثر سرعة المروحة مع ثبات عدد أقطاب المروحة وفي هذه الحالة يكون لا داعى لتواجد مجموعة الملفات الثالثة ويكون التقسيم فقط على أساس تشغيل وتقويم ويكون نوع الف جانبيين فى المجرى سواء للتشغيل أو التقويم مع وضع المكثف المناسب مع التقويم . هذا ويمكن تقسيم المحرك على أساس تواجد ثلاث أنواع من الملفات (تشغيل — تقويم — سرعات) وينظام الأمثلة السابقة وهو الموجود حالياً فى المراوح الحديثة .

محرك وجه واحد ٨ مجرى سرعتين السرعة الكبيرة ٤ قطب خطوة
لف التشغيل أو التقويم أو السرعات (١ - ٢) خطوة ثابتة. راجع الرسم



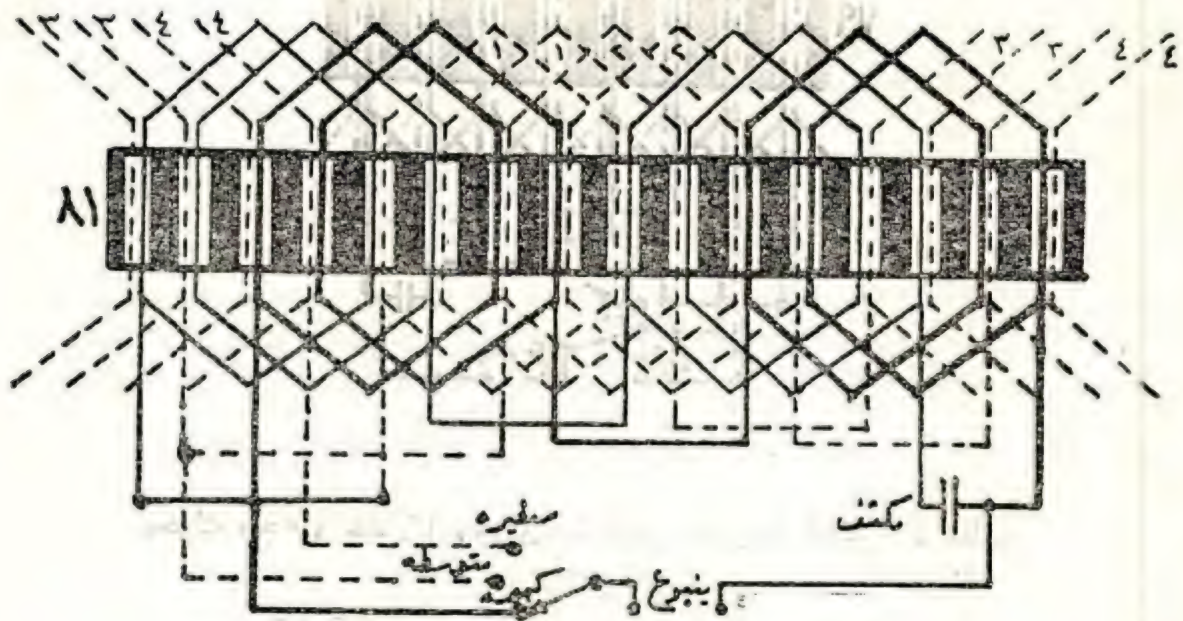
محرك وجه واحد ١٦ مجرى سرعتين السرعة الكثيرة ٤ قطب

خطوة لف جميع المافات (٤ - ٦) متداخلة

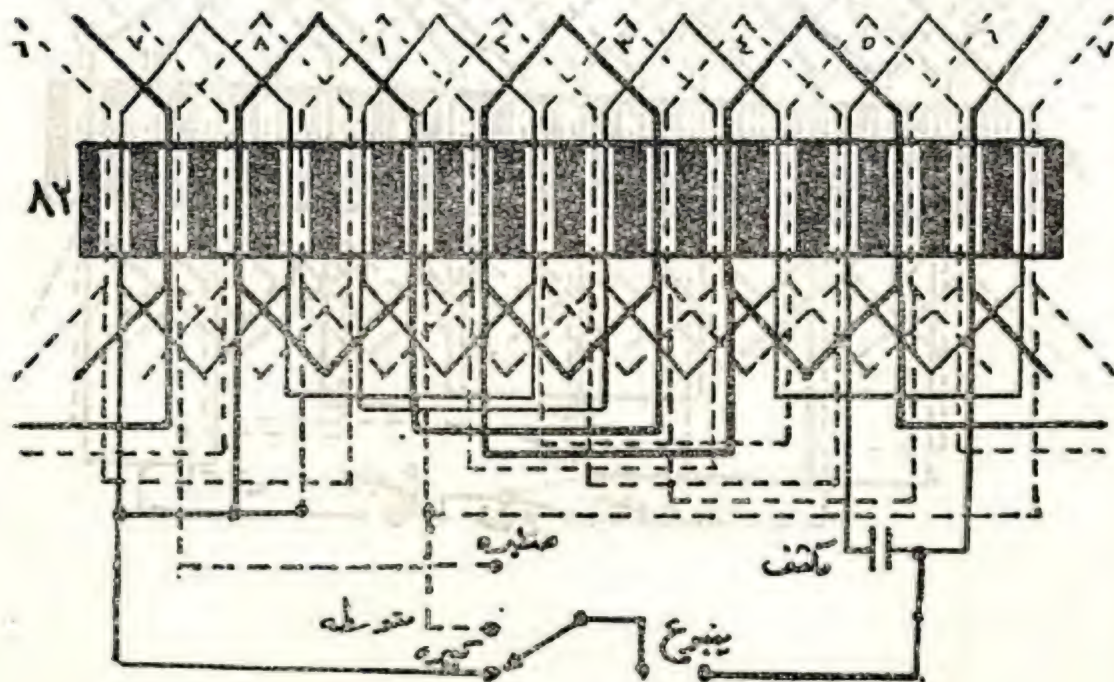


محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٣ سرعات ٤ قطب خطوة لف (٥ - ١) ثابتة
عدد مجارى القطب الكامل (تشغيل وتقويم) $16 = 4 \div 4 = 4$ مجرى

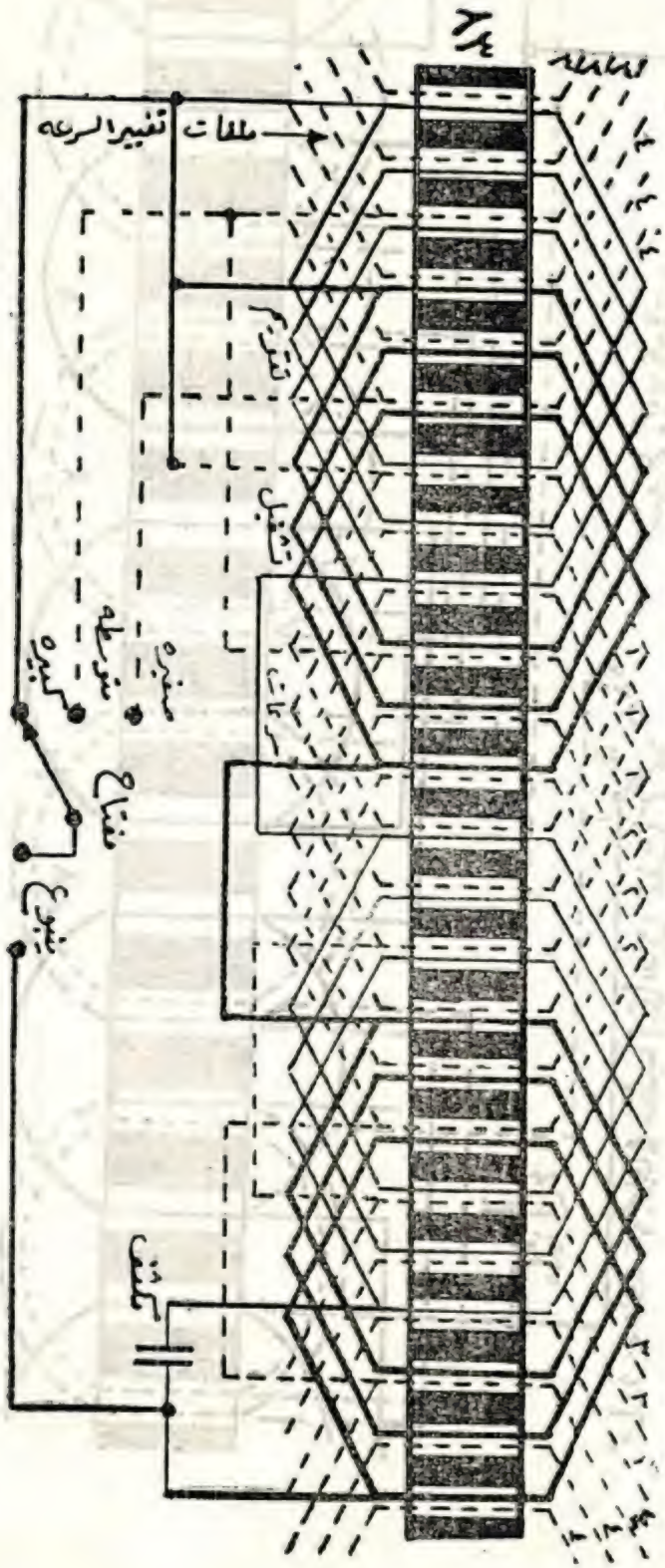
∴ خطوة اللف لجميع الملفات $5 = 1 + 4$ مجرى
نوع اللف جانبين تشغيل مع سرعات وتقويم مع سرعات

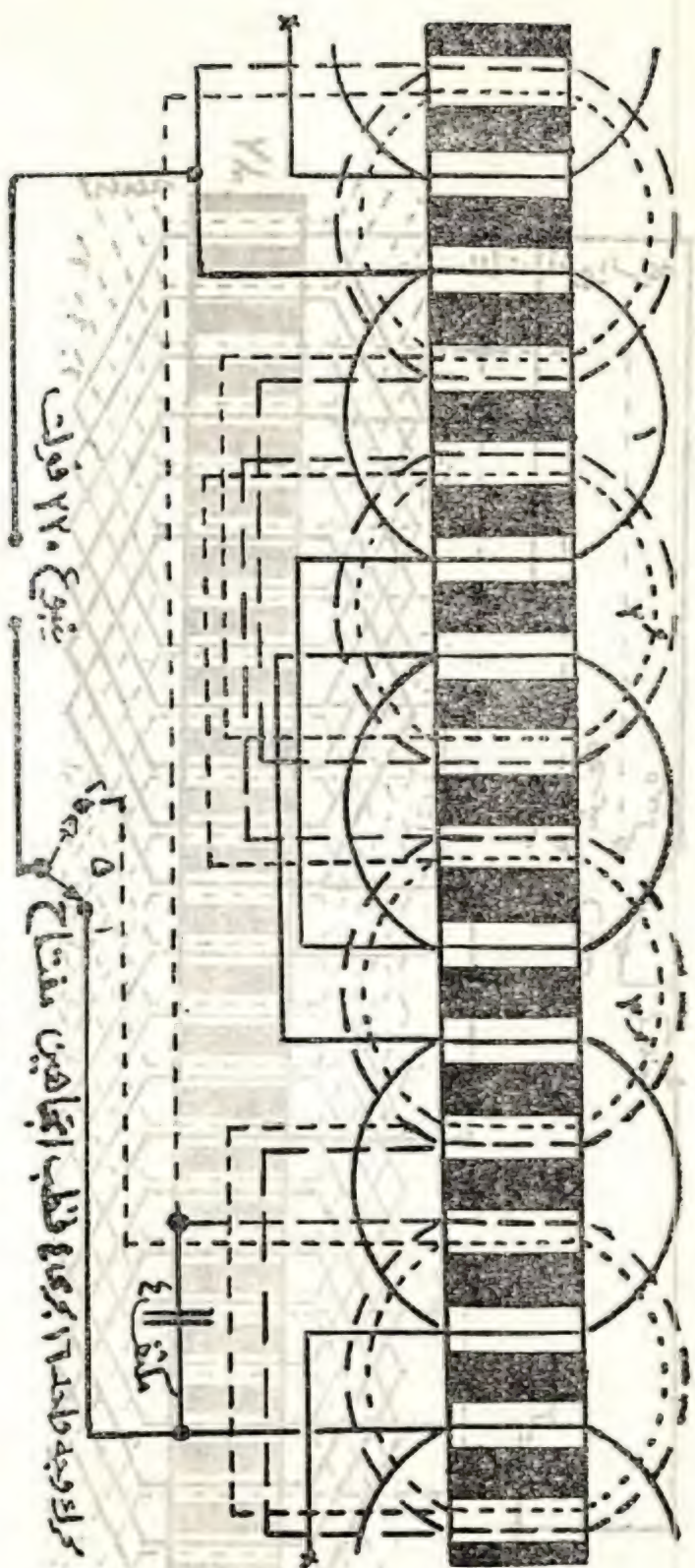


محرك وجه واحد ١٦ مجرى ٣ سرعات ٤ قطب خطوة لف (٤ - ١)
ثلاثة ذات الجناحين



محرك وجه واحد ٢٤ مجرى ٣ سرعات ٤ قطب السرعة الكبيرة
خطوة لف جميع الملفات (١ - ٧) ثابتة تشغيل وتقويم سرعات
عندما يكون المحرك ثلاث سرعات تقسم ملفات السرعات الى نصفين بحيث
توصل الملفات رقم (١) مع (٣) والملفات رقم (٢) مع (٤) وطرف السرعة
المتوسطة من وصلة بداية (٢) مع نهاية (٣)





بيان الحرك وهو سرعتين شمسطة وطرد

- رقم (١) ملفات تشغيل قطر المسك ٢.٠ مم وعدد لفات ٩٠.٠ لفة .
- رقم (٢) ملفات التقويم قطر المسك ٢.٠ مم وعدد لفات ٥٦.٠ لفة .
- رقم (٣) ملفات تغيير السرعة قطر المسك ٢.٠ وعدد لفات ٥٦.٠ لفة .
- رقم (٤) مكثف سعته ٢ ميكروفراد ٢٢.٠ فولت .
- رقم (٥) مفتاح تشغيل (١) التشغيل بالتسوازي مع التقويم ومعه المكثف (شمسطة)
- رقم (٦) التشغيل ومعه المكثف وبالتوازي مع التقويم المتصل توالي مع تغيير السرعة (طرد)

محركات الثلاثة أوجه

ذات السرعات

- هذا النوع من المحركات يمكن الحصول منه على أكثر من سرعة :
- ١ — الحصول على سرعتين متناصفتين $2/4$ قطب ($1000/3000$ لفة)
 - ٢ — الحصول على سرعتين متناصفتين $4/8$ قطب ($750/1500$ لفة)
 - ٣ — أو الحصول على سرعتين غير متناصفتين مثل $4/6$ قطب ($1000/1500$ لفة)
- وفي بعض المحركات يمكن الحصول على ثلاثة سرعات ($750/1500/3000$ لفة) .

السرعات المتناصفة

قبل أن نتكلم عن السرعات يجب أن نعلم أنه في المحرك ذو السرعة الواحدة إذا أريد تغيير لفة مع تغيير قيمة سرعته سواء الى أكبر أو أقل يجب اتباع الآتى :

- ١ — يقسم المحرك حسب عدد أقطاب السرعة الجديدة للحصول على الآتى :

(أ) عدد مجارى كل قطب .

(ب) عدد مجارى كل وجه تحت كل قطب .

(ح) قيمة الخطوة الجديدة .

- ٢ — حساب مساحة مقطع سلك ملفات السرعة الجديدة وكذا عدد لفات الملف الجديد وذلك باستعمال القانون الآتى :

(أ) مساحة مقطع سلك السرعة الجديدة

$$\frac{\text{السرعة الجديدة}}{\text{السرعة القديمة}} = \text{مساحة مقطع السلك القديم} \times \frac{2}{\text{عدد لفات الملف الجديد}}$$

(ب) عدد لفات الملف الجديد

$$\frac{\text{السرعة القديمة}}{\text{السرعة الجديدة}} = \text{عدد لفات الملف القديم} \times \frac{2}{\text{عدد لفات الملف الجديد}}$$

ويستعمل هذا القانون لتغيير أى سرعة الى سرعة أخرى مثل من ١٠٠٠ لفة الى ١٥٠٠ لفة أو من ٣٠٠٠ الى ١٥٠٠ لفة وهكذا والسبب فى هذا التغيير فى مساحة مقطع السلك وعدد لفات الملف هو أن لكل سرعة مجال مغناطيسى ولكل مجال مقاومة استثنائية ولكل مقاومة شدة تيار ولكل شدة تيار مساحة مقطع سلك ولكل مساحة مقطع سلك عدد لفات

فى المحرك الذى نحصل منه على سرعتين متناسفتين يجب أن يكون لكل سرعة مساحة مقطع سلك وعدد لفات ولكن نجد أن هذا المحرك يلف بنوعية واحدة من الملفات تستعمل للسرعتين ولكى ينفذ القانون السابق ليتواجد عندنا نوعين (مساحة مقطع وعدد لفات) نجد يتم هذا عن طريق التوصيل داخل المحرك لمجموعات الأوجه الثلاثة والتوصيل خارج المحرك لأطراف الأوجه مع التيار والرسومات الآتية توضح هذا .

السرعتين الغير متناسفتين

فى هذا المحرك يتم التقسيم ولف الملفات كل سرعة على حدة لذا نجد داخل المحرك نوعين من الملفات من حيث مساحة مقطع السلك وعدد لفات الملف ولكل نوعية من هذه الملفات خاصة بسرعة ويعتبر المحرك فى هذه الحالة كأنه محركين داخل جسم محرك واحد ويخرج منه اثنتى عشر طرفا منها ستة أطراف بسرعة والمستة الأخرى للسرعة الثانية وتوصل كل منهما اما بطريقة الدلتا أو النجمة .

تقسيم المحركات المتناصفة

هذه المحركات يمكن لفها اما بخطوة ثابتة أو متداخلة جانبيين فى المجرى ولكل حالة طريقة خاصة للحصول على خطوة اللف كالاتى :

البيانات الخاصة بتقسيم المحرك

- ١ — تحسب عدد أقطاب كل سرعة من سرعتين .
 - ٢ — تحسب عدد مجارى كل قطب لكل سرعة
 - ٣ — تحسب عدد مجموعات كل وجه وهى = عدد أقطاب السرعة الكبيرة
عدد مجارى المحرك
 - ٤ — تحسب عدد مجارى كل مجموعة وهى = $\frac{\text{عدد مجموعات الوجه} \times \text{عدد الأوجه}}{\text{عدد مجارى المحرك}}$
 - ٥ — نوعية الملف وهى جانبين فى الجرى .
 - ٦ — نوعية الخطوة اما ثابتة او متداخلة .
 - ٧ — قيمة الخطوة فى الثابتة او الخطوات فى المتداخلة .
- (أ) اذا كان عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة رقم صحيح بدون كسر تكون الخطوة = عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة + ١
- (ب) اذا كان عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة رقم صحيح وكسر مثل ١٨ مجرى ٤ قطب = $4\frac{1}{2}$ مجرى .
- تكون الخطوة = عدد مجارى مجموعة الوجه + ٣
- (ح) فى حالة المتداخلة تحسب أولا قيمة خطوة الملف الأصغر كالاتى :
- خطوة الملف الأصغر = (عدد مجارى المجموعة ÷ ٢) + ٢
- خطوة الملف الثانى = خطوة الأصغر + ٢ وهكذا الباقي الخطوات التى يحدد عددها هو عدد مجارى المجموعة مثلا اذا كان عدد مجارى المجموعة ثلاثة مجارى يكون عدد الخطوات المتداخلة ثلاثة .

أمثلة للأوضاع السابقة

محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى سرعتين (٣٠٠٠ / ١٥٠٠ لفة / دقيقة) .

التقسيم

$$١ - (أ) \text{ عدد أقطاب السرعة الكبيرة } = \frac{٢ \times ٦٠ \times ٥٠}{٣٠٠٠} = ٢ \text{ قطب}$$

$$(ب) \text{ عدد أقطاب السرعة الصغير} = \frac{2 \times 60 \times 50}{1500} = 4 \text{ قطب}$$

$$٢ - (١) \text{ عدد مجارى قطب السرعة الكبير} = 24 \div 2 = 12 \text{ مجرى}$$

$$(ب) \text{ عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة} = 24 \div 4 = 6 \text{ قطب}$$

$$٣ - \text{ عدد مجموعات كل وجه} = \text{ عدد أقطاب السرعة الكبيرة} = 2 \text{ مجموعة}$$

$$24$$

$$٤ - \text{ عدد مجارى كل مجموعة لكل وجه} = \frac{24}{3 \times 2} = 4 \text{ مجرى}$$

٥ - نوعية الف جانبيين فى المجرى .

٦ - نوعية الخطوة يحدد اما ثابتة أو متداخلة .

$$٧ - \text{ قيمة الخطوة ثابتة} = 1 + 6 = 7$$

$$\text{قيمة خطوة الملف الأصفر} = (2 \div 4) + 2 = 4 \text{ مجرى}$$

$$\text{خطوة الملف الثانى} = 2 + 4 = 6$$

$$\text{خطوة الملف الثالث} = 2 + 6 = 8$$

$$\text{خطوة الملف الرابع} = 2 + 8 = 10$$

لاحظ أن متوسط هذه الخطوات الأربعة = 7 وهو قيمة الخطوة الثابتة .

٨ - تحسب قيمة المجرى بالدرجات على أساس مجارى قطب السرعة

$$\text{الكبيرة} = 180^\circ \div 12 = 15^\circ$$

$$٩ - \text{ بعد بدايات الأوجه} = 120^\circ \div 15^\circ = 8 \text{ مجرى}$$

مثال آخر

محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى سرعتين ٧٥٠/١٥٠٠ لفة/دقيقة .

١ - عدد الأقطاب كالآتى بعد الحساب ٨/٤ قطب .

$$٢ - (١) \text{ عدد مجارى قطب السرعة الكبيرة} = 36 \div 4 = 9 \text{ مجرى}$$

$$(ب) \text{ عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة} = 36 \div 8 = 4 \frac{1}{2} \text{ مجرى}$$

٣ - عدد المجموعات لكل وجه = ٤ مجموعة

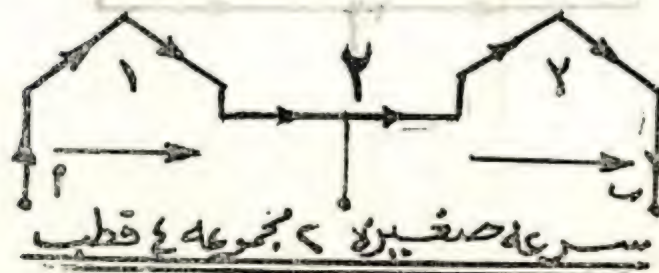
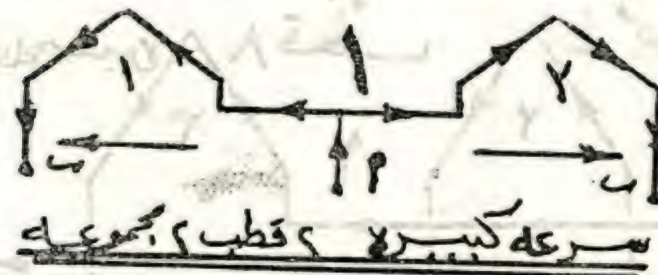
- ٤ — عدد مجارى كل مجموعة = $\frac{3}{3 \times 4}$ = ٣ مجرى على طرفيها
- ٥ — نوعية الف جانبيين .
- ٦ — نوعية الخطوة ثابتة أو متداخلة .
- ٧ — مقدار الخطوة = $3 + 3 = 6$ لتواجد الكسر في مجارى القطب .
- خطوة الف الأصفر متداخلة = $2 + (2 \div 3) = 2\frac{2}{3}$ يعدل إلى ٤ مجرى
- ٨ — قيمة المجرى بالدرجات = $180 \div 9 = 20^\circ$
- ٩ — بعد بدايات الأوجه = $120 \div 20 = 6$ مجرى

بعد حسابات التقسيم السابقة يأتي دور رسم الانفراد وتوصيل المجموعات لكل وجه وتوصيل الأوجه مع بعضها ثم توصيل المحرك على التيار وأخذ كل سرعة من سرعتين مع تطبيق القانون الخاص بتغيير كل من مساحة مقطع السلك وعدد لفات الف .

عندما يكون المحرك ٤/٢ قطب يكون عدد مجموعات الوجه اثنين

وعندما يكون ٨/٤ قطب يكون عدد مجموعات الوجه أربعة ولكل حالة توصيل خاص للمجموعات .

توصيل مجموعتين للسرعة الصغيرة والكبيرة

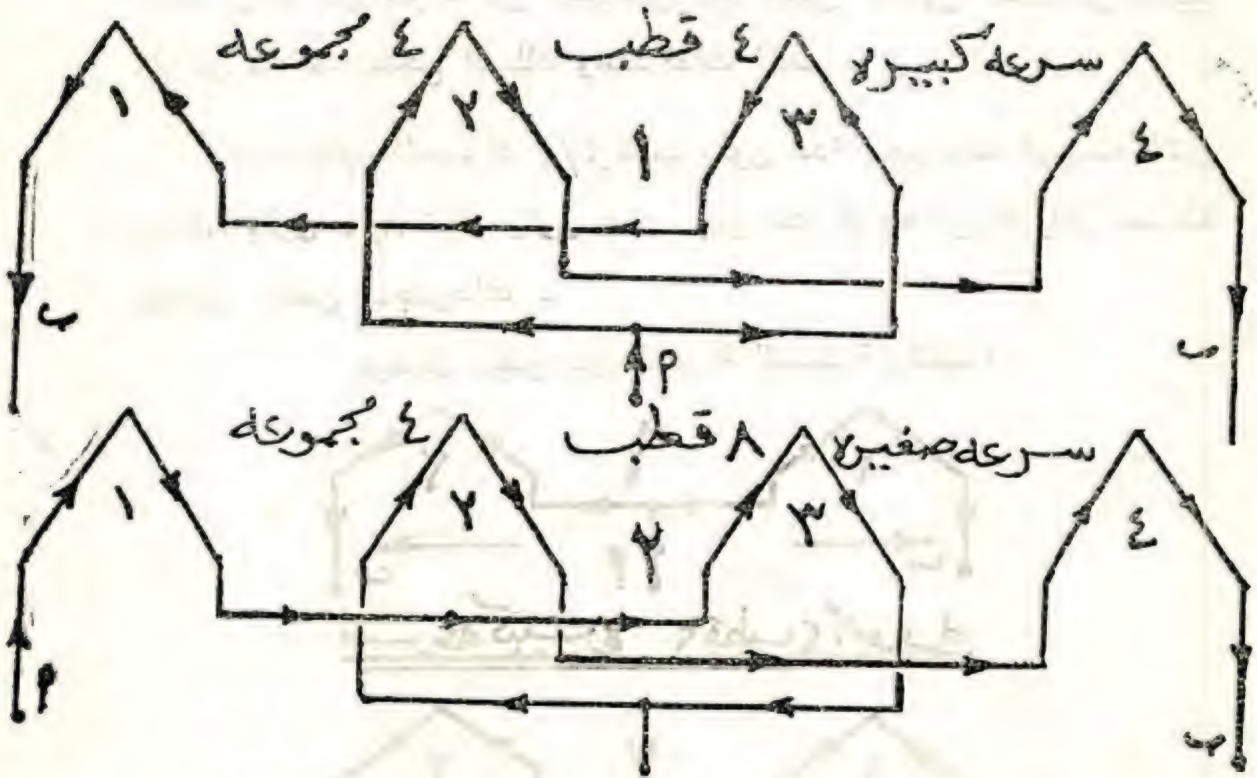


عندما يكون للوجه أربعة مجموعات لابد من تحويلها الى مجموعتين
ابداً بنهاية المجموعة الأول لكل وجه ثم وصل نهايتها مع بداية المجموعة
الثالثة بحيث تعتبر المجموعة الأولى والثالثة كأنها مجموعة واحدة ثم
وصل نهاية المجموعة الثانية مع بداية المجموعة الرابعة وكأنهما المجموعة
الثانية ثم وصل نهاية المجموعة الثالثة مع بداية المجموعة الثانية وأخرج
طرف الوسط .

في الرسم رقم (١) دخول التيار من (أ) وله اتجاهين ويكون أربعة
أقطاب وأربعة مجموعات .

في الرسم رقم (٢) دخول التيار من (أ) وله اتجاه واحد فيكون أربعة
مجموعات وثمانية أقطاب مع عدم استعمال طرف الوسط .

توصيل أربعة مجموعات للسرعة الصغيرة والكبيرة



توصيل الأوجه داخل المحرك

ملفات الأوجه الثلاثة توصيل آخر داخل المحرك يسمى بتوصيل الدلتا الداخلية أو النجمة الداخلية كالآتي :

- الدلتا الداخلية : وصل نهاية الوجه الثانى مع بداية الوجه الأول .
- وصل نهاية الوجه الثالث مع بداية الوجه الثانى .
- وصل نهاية الوجه الأول مع بداية الوجه الثالث .

أخرج من وصلة كل وجهين طرف يعتبر رأس دلتا وأعطى الوصلة الأولى حرف (u) والوصلة الثانية حرف (v) والثالثة (w) وعلى هذا يكون للمحرك ستة أطراف ثلاثة وسط (x, y, z) وثلاثة رؤوس دلتا (u, v, w) تخرج خارج المحرك لتوصيلها مع التيار خاصة للحصول على كل من السرعتين .

النجمة الداخلية : وصل نهاية كل من الوجوه الأول والثانى والثالث مع بعضها وأخرج طرف هو طرف نقطة النجمة وأعطى بداية الأول (u) وبداية الثانى (v) والثالث (w) وأطراف الوسط (x, y, z)

وعلى هذا يكون للمحرك سبعة أطراف ثلاثة أطراف بدايات وثلاثة أطراف وسط ثم طرف نقطة النجمة تخرج هذه الأطراف السبعة الى خارج المحرك لتوصيلها مع أطراف التيار بالطريقة التى تحصل منها على كل من السرعتين .

توصيل الأطراف خارج المحرك

للحصول على السرعة الصغيرة فى حالة الدلتا الداخلية وصل أطراف الينبوع الثلاثة مع أطراف رؤوس الدلتا الثلاثة مع ترك أطراف الوسط دون أى توصيل .

للحصول على السرعة الكبيرة في حالة الدلتا الداخلية وصل أطراف
الينبوع الثلاثة مع أطراف الوسط الثلاثة مع قصر أو قفل أطراف رؤوس
الدلتا الثلاثة مع بعضها وفي هذه الحالة نكون نجمة مزدوجة يترتب
عليها تغيير قطر السلك وعدد لفات الملف وبهذا يتم تنفيذ قانونه تغيير
السرعة الى سرعة أخرى وما يتبعها من تغيير كل من قطر السلك
وعدد لفات الملف .

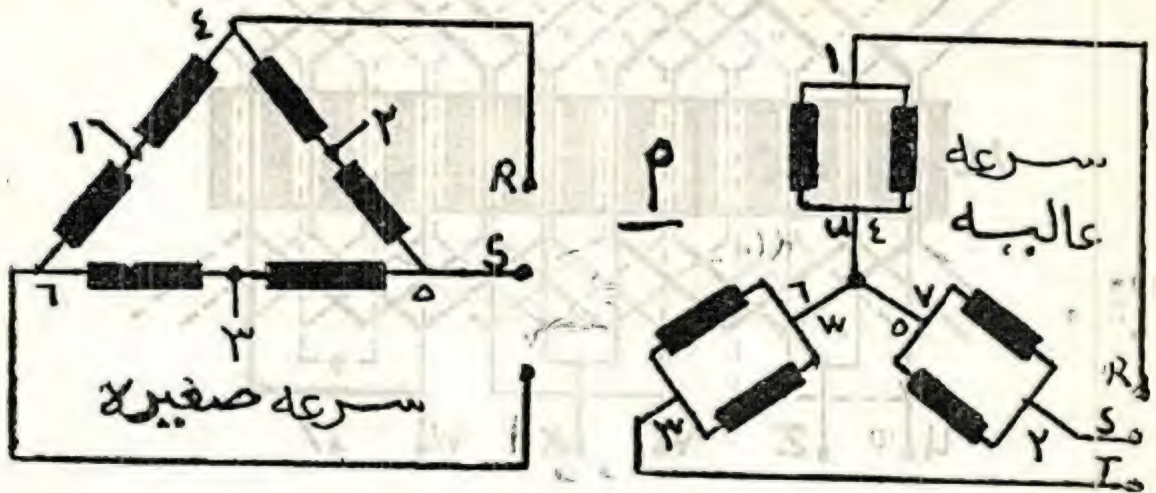
أما في حالة النجمة الداخلية للحصول على السرعة الصغيرة توصل
أطراف الينبوع الثلاثة مع بداية الأوجه الثلاثة مع ترك كل من أطراف
الوسط وطرف نقطة النجمة دون أى توصيل .

للحصول على السرعة الكبيرة في حالة النجمة الداخلية وصل أطراف
الينبوع الثلاثة مع أطراف الوسط الثلاثة ثم وصل أطراف البدايات الثلاثة
مع طرف نقطة النجمة وفي هذه الحالة نكون النجمة المزدوجة التي
يترتب عليها تنفيذ قانون تغيير كل من قطر السلك وعدد لفات الملف .

في الرسومات الآتية الأرقام (١ ، ٢ ، ٣) هي أطراف الوسط
وهي (X. Y. Z.) والأرقام (٤ ، ٥ ، ٦) هي اما رؤوس الدلتا أو أطراف
بدايات الأوجه وهي (U, V, W) ورقم (٧) طرف نقطة النجمة .

كما أن الرسومات الآتية تبين توصيل الدلتا الداخلية والنجمة
المزدوجة خارجيا وكذا النجمة الداخلية والنجمة المزدوجة خارجيا .

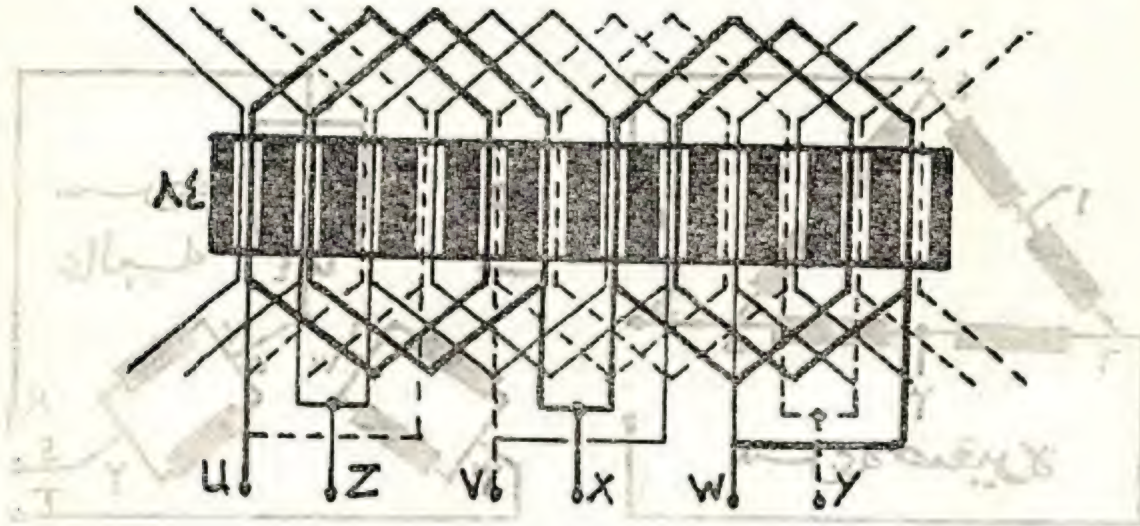
توصيل المجموعات والأوجه دلتا داخلية للسرعة الصغيرة ونجمة مزدوجة خارج المحرك للسرعة الكبيرة وعدد الأطراف ستة ثلاثة رؤوس دلتا وثلاثة وسط .



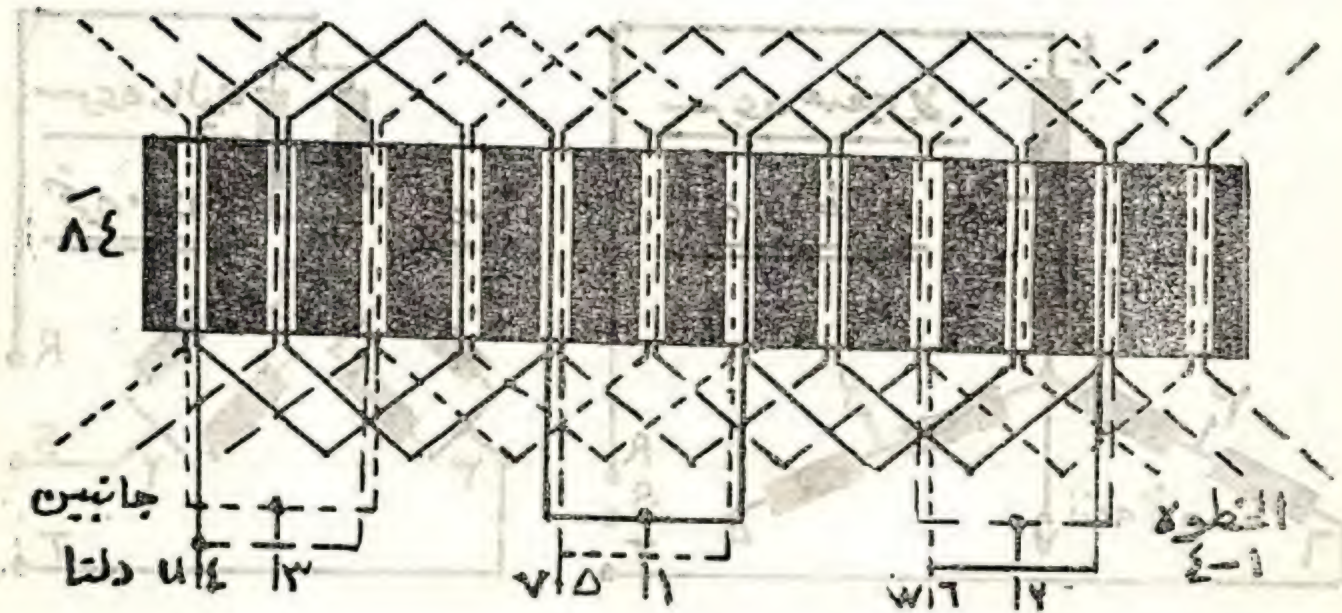
توصيل المجموعات والأوجه نجمة داخلية للسرعة الصغيرة ونجمة مزدوجة خارج المحرك للسرعة الكبيرة وعدد الأطراف سبعة ثلاثة بدايات وثلاثة وسط وواحد نقطة نجمة .



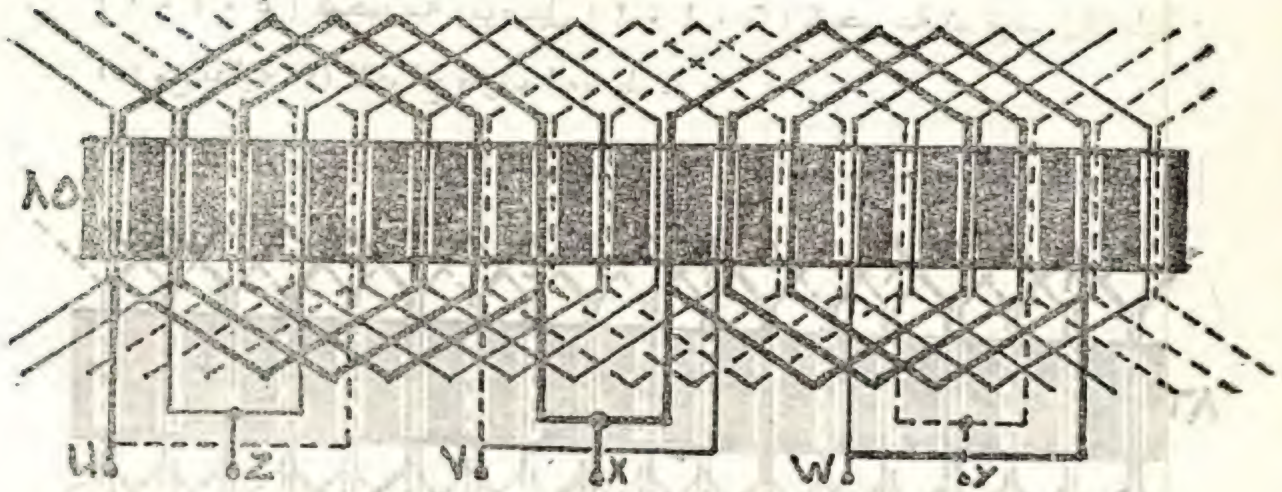
محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى سرعتين خطوة لف (١ — ٥) $\frac{4}{2}$ قطب
يمكن اعتبار (١ ، ٢ ، ٣) وهي أرقام الدلتا الداخلي (u. v. w)
واعتبار (٤ ، ٥ ، ٦) وهي أرقام الوسط للسرعة الكبيرة
(X. Y. Z.)



محرك ثلاثة أوجه ١٢ مجرى $\frac{4}{2}$ قطب جانبيين في هذا المحرك
الخطوة (١ — ٤) على أساس عدد مجرى قطب السرعة الصغيرة
(٣) $\frac{4}{1} = 3$ والتوصيل دلتا داخلية يمكن جعلها نجمة داخلية مع اخراج
سبعة أطراف حسب الشرح السابق .



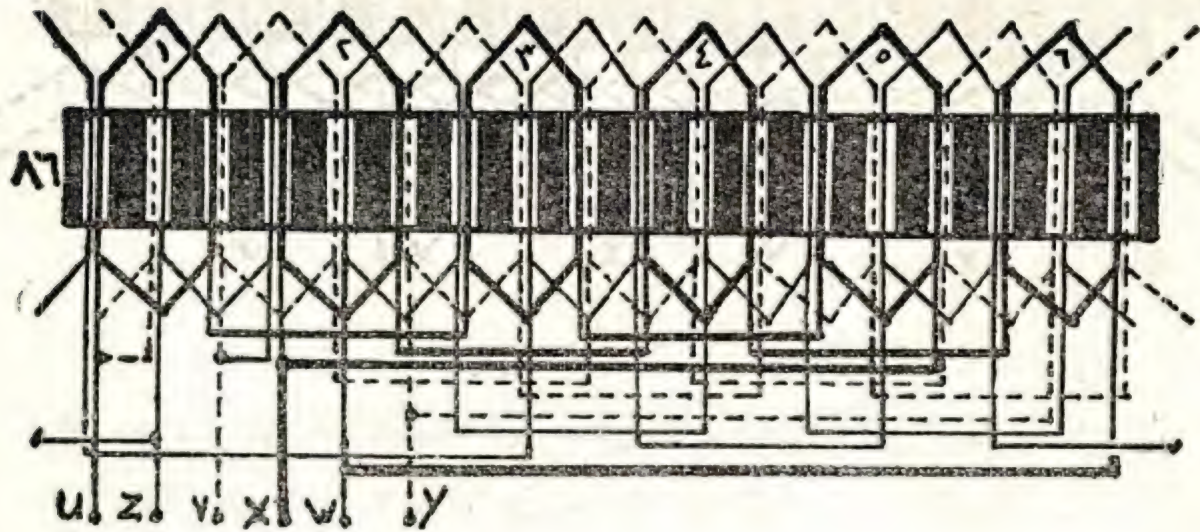
محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى سرعتين خطوة كف (١ - ٦) $\frac{4}{2}$ قطب



في هذا المحرك عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة به كسر وهو $\frac{4}{2}$ مجرى وعلى هذا تحسب قيمة خطوة الملف على أساس عدد مجارى المجموعة وهو $3 + 3 = 6$ وفي حالة المتداخلة يكون الملف الأصفر $3 \frac{1}{2} = 2 + (2 \div 3) = 3$ تعدل الى ٤ مجرى والثانين ٦ والثالث ٨ والمتوسط $6 =$ وهو قيمة الخطوة الثابتة .

محرك ثلاثة أوجه ١٨ مجرى سرعتين خطوة لف، (١ - ٣) ١٢/٦ قطب
وعدد مجموعات كل وجه ٦ مجموعة وفي هذه الحالة يكون توصيل
(١، ٣، ٥) كمجموعة وتوصيل (٢، ٤، ٦) كمجموعة ثم توصيل النهاية
(٥) مع بداية (٢) لاجراج طرف الوسط .

ينفذ في جميع ملفات المجموعة للأوجه الثلاثة مع مراعاة البداية .

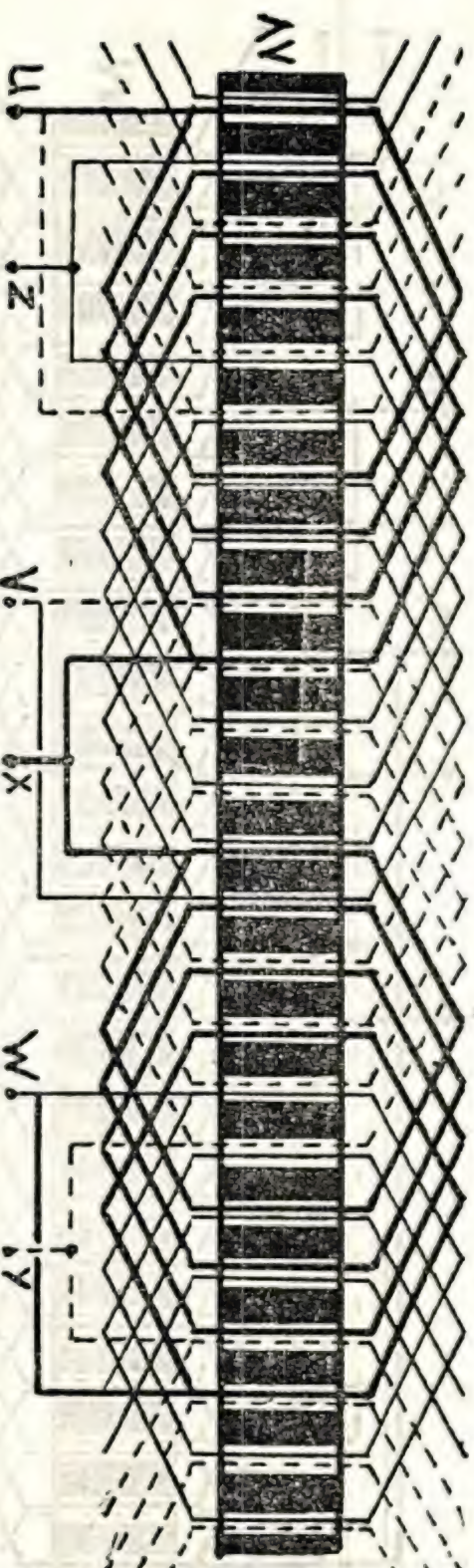


يختلف توصيل مجموعات الوجه في حالة ٤/٢ قطب عن ٨/٤ قطب
عن ١٢/٦ قطب وذلك للحصول على مجموعتين فقط منها كان عدد مجموعات
الوجه ويمكن الحصول على المجموعتين في حالة ٨/٤ قطب ، ١٢/٦ قطب
وذلك عن طريق توصيل المجموعات ذات الرقم الفردى مع بعضها مكونة
مجموعة والمجموعات ذات الرقم الزوجى مع بعضها مكونة مجموعة ثم توصيل
المجموعتين مع بعضها للحصول على طرف الوسط وذلك بتوصيل نهاية
المجموعات الفردية مع بداية المجموعات الزوجية واجراج طرف من هذه
الوصلة .

محرك ثلاثة اوجه ٢٤ مجرى سرعتين خطوة لف (١ - ٧) ثابتة

٤/٢ قطب وعدد مجموعات كل وجه ٢ مجموعة

الف جانبيين



يمكن الحصول على عدد مجارى المجموعة بطريقة اخرى كالآتى :

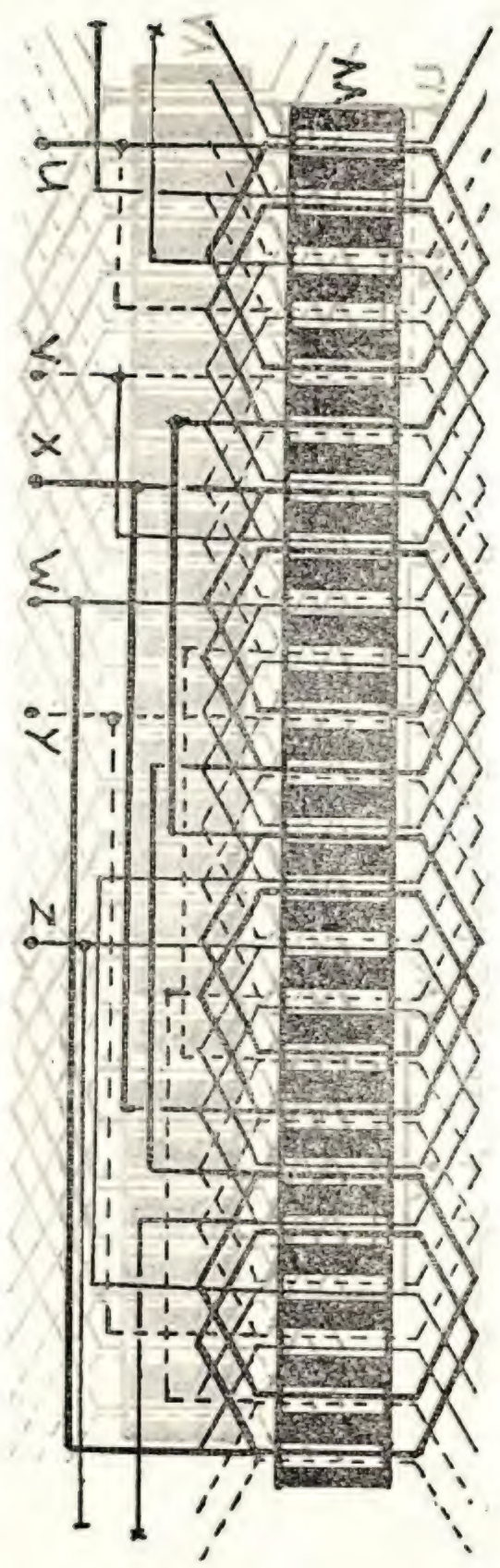
٢٤

عدد مجارى المحرك

$$\{ \text{مجرى} = \frac{\text{عدد مجموعات كل وجه } ٢ \times ٣}{\text{عدد المحرك}} = \frac{\text{عدد مجارى كل مجموعة}}{\text{عدد مجموعات كل وجه } ٢ \times ٣}$$

$$\text{خطوة الف} = \text{عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة} + ١ = ٦ + ١ = ٧$$

محرك ثلاثة أوجه ٢٤ مجرى سرعتين خطوة لف (١ - ٥) ٨/٤ قلاب
 وعدد مجموعات كل وجه ٤ مجموعة تتوصل على أسلاك (١ ، ٢ ، ٣) مجموعة
 (٢ ، ٤) مجموعة ثم يتوصل نهاية (٣) مع بداية (٢) ويخرج طرف الوسط
 يمكن التنفيذ جانبيين ١ - ٤ ثابتة أو متداخلة ١ - ٣ ، ١ - ٥ جانبيين



محرك ثلاثة اوجه ٢٤ مجرى ٨/٤ قطب جانبيين متداخلة

٢٤

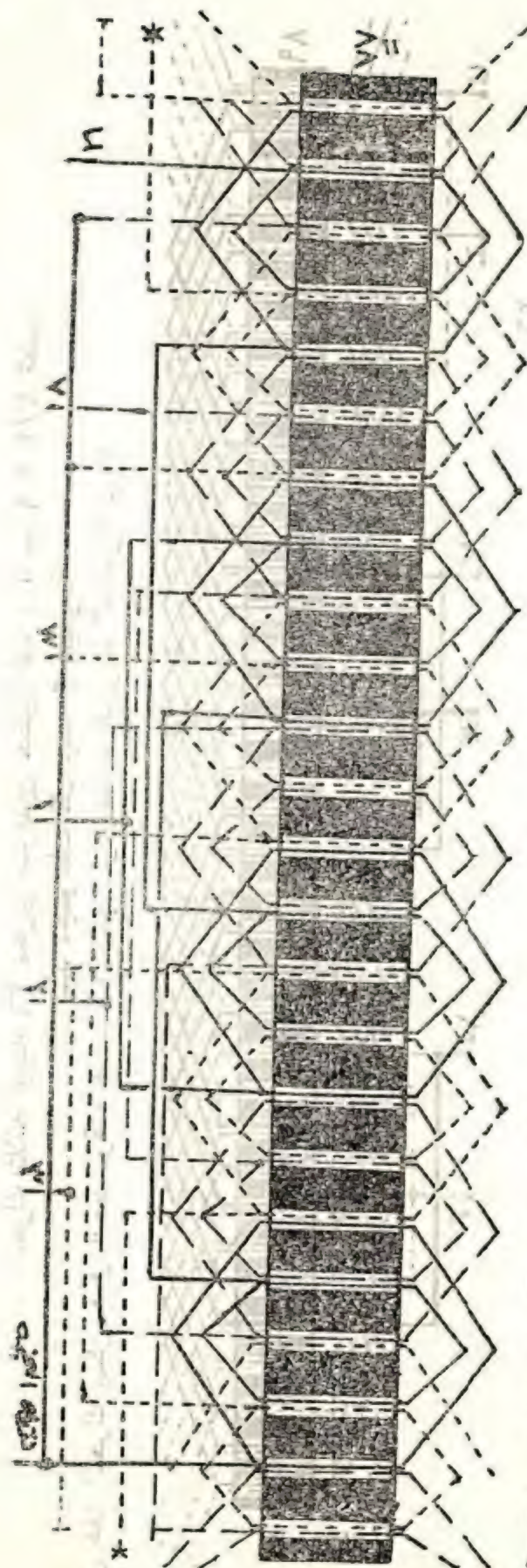
$$\text{عدد مجارى المجموعة} = \frac{٢ \times ٤}{٢} = ٢ \text{ مجرى}$$

$$\text{خطوة الملف الاصفر} = (٢ \div ٢) + ٢ = ٣ \text{ مجرى}$$

$$\text{خطوة الملف الثانى} = ٢ + ٣ = ٥ \text{ مجرى}$$

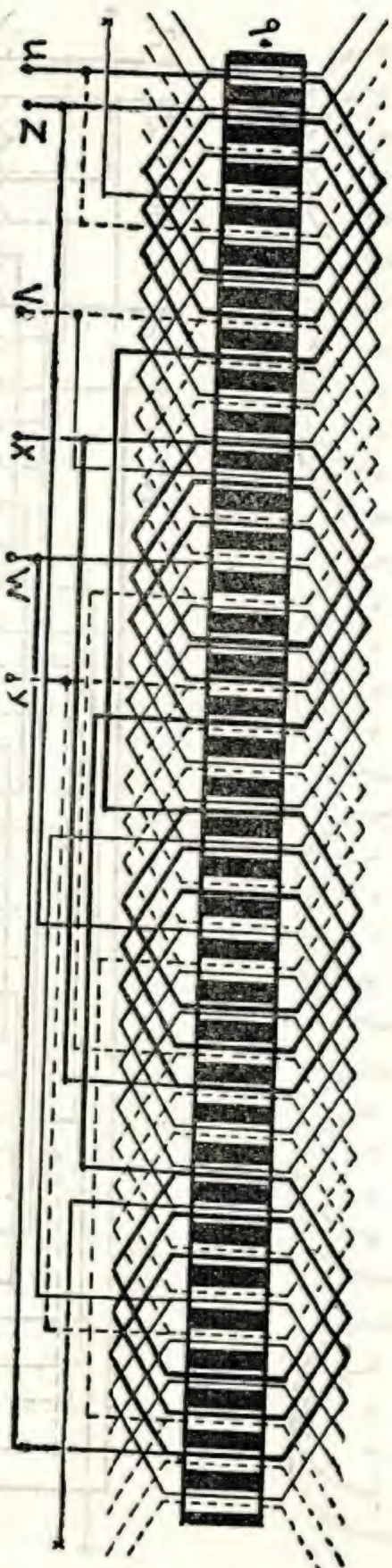
$$\text{المحرك له سبعة اطراف توصيل} (W-V-U) \text{ مع التيار سرعة صغيرة}$$

$$\text{توصيل (١، ٢، ٣) مع التيار مع توصيل (١، ٢، ٣) مع نقطة النجمة سرعة كبيرة}$$



٢٤

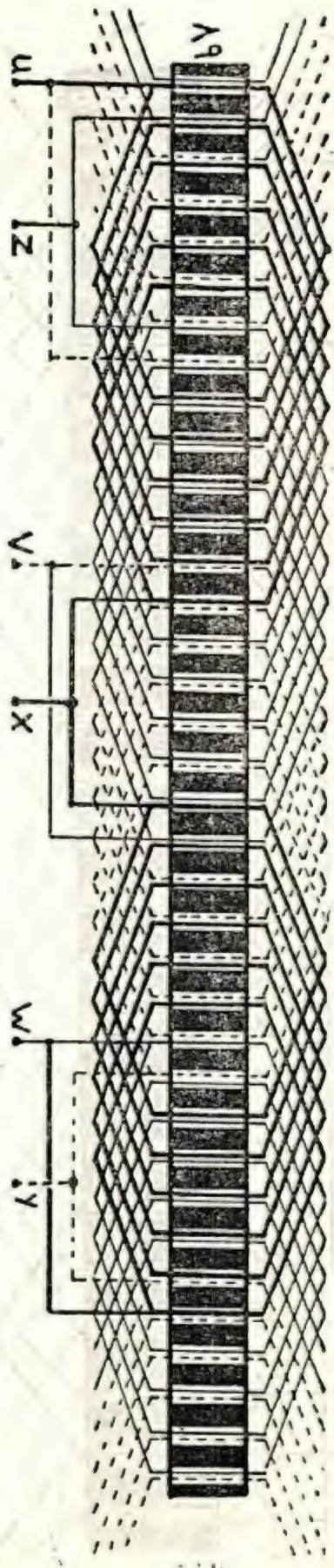
محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى سرعتين خطوة لف (١ - ٦) ٨/٤ مجرى
 وعدد مجموعات كل وجه ٤ مجرعة توصل كما سبق شرحه
 يمكن تنفيذ الملف متداخلة { ٦ - ٨ نجمة داخلية



$$\text{عدد مجرى المجموعة} = \frac{٣٦}{٣ \times ٤} = \text{مجرى ٣}$$

خطوة الملف ثابتة = عدد مجارى المجموعة + ٣ = ٦ مجرى لتواجد كسر
 في عدد مجارى قطب السرعة الصغيرة الذى تحسب عليه قيمة التناورة + ١
 حساب خطوة الملف الاصغر متداخلة = (٣ : ٢) + ٢ = ٣ ١/٢ تعدل ٤

محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى سرعتين خطوة لف (٩ - ١) ٤/٢ قطب
 عدد مجموعات كل وجه ٢ مجموعة
 في هذا المحرك يمكن جعل الخطوة (١ - ١٠) مجارى قطب السرعة الصغيرة + ١



يمكن لف هذا المحرك على أساس خطوة متداخلة جانبين باعتبار عدد مجارى المجموعة = $\frac{٣٦}{٣ \times ٢}$ ٦ مجرى

خطوة اللف الأصفر = (عدد مجارى المجموعة ÷ ٢) + ٢ = ٢ + (٢ ÷ ٢) = ٢ + ١ = ٣ مجرى والثاني ٧ مجرى
 والثالث ٩ مجرى والرابع ١١ مجرى والخامس ١٣ مجرى والسادس ١٥ مجرى بمتوسط ١ - ١٠ .

تقسيم محركات ثلاثة أوجه

ثلاث سرعات

بعد التعرف على طريقة تقسيم وتوصيل محركات التيار المتغير التي تعمل على ثلاثة أوجه وتعطى سرعتين تنتقل بعد ذلك الى نفس المحركات ولكن لكى تعطى ثلاثة سرعات .
عند تقسيم هذه المحركات واعدادها للف الملفات الخاصة بسرعات المحرك الثلاث نجد أن عملية التقسيم هى العملية المتبعة فى حالة سرعتين من حيث البيانات المطلوبة وتنفيذ القوانين وقد يتبين هذا عند اتباع الآتى :

- ١ — أوجد عدد مجارى المحرك الكلية .
- ٢ — معرفة سرعات المحرك الثلاثة وتحويل كل منها الى ما يقابلها من عدد الأقطاب .
- ٣ — معرفة عدد مجموعة الوجه الواحد = عدد أقطاب السرعة الصغيرة ÷ ٢ = مجموعة .

$$٤ — معرفة عدد ملفات المجموعة الواحد =$$

$$\text{عدد المجارى الكلية} \times ٢ =$$

$$\text{عدد أقطاب السرعة الصغيرة} \times ٣ = \text{ملف}$$

$$٥ — خطوة الف = عدد ملفات المجموعة الواحدة + ٣ = مجرى$$

مثال

محرك ثلاثة أوجه يحتوى على ٢٤ مجرى تعطى سرعات مقدارها (٧٥٠ ، ١٤٢٥ ، ٢٨٥٠) لفة/دقيقة يراد تقسيمه واعادة لفه .

التقسيم

$$\text{السرعة الأولى (٧٥٠) لفة/دقيقة} = ٨ \text{ قطب}$$

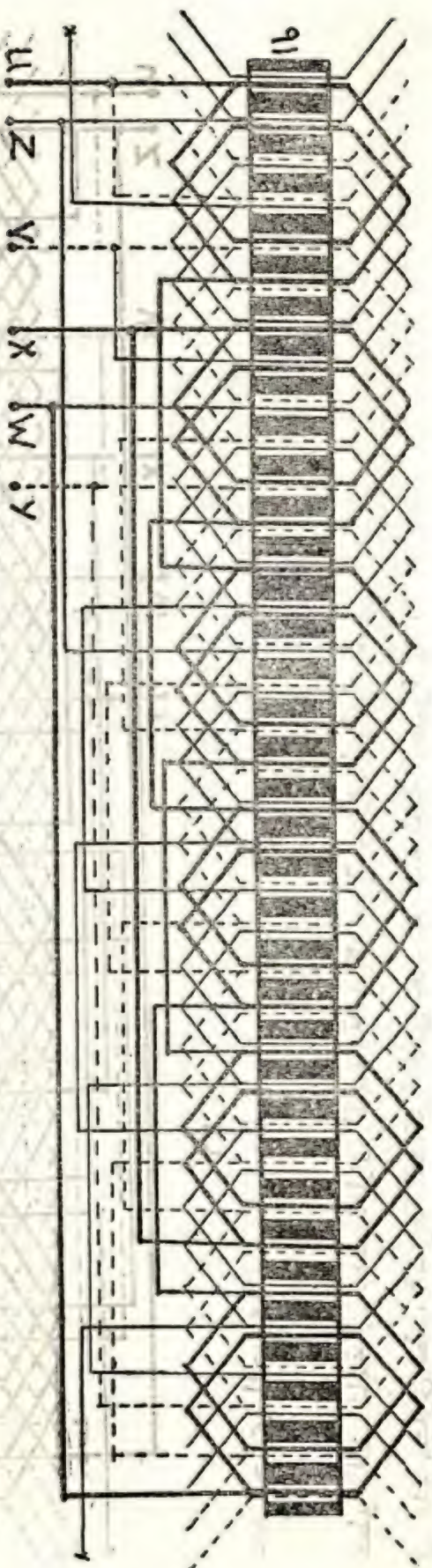
$$\text{السرعة الثانية (١٤٢٥) لفة/دقيقة} = ٤ \text{ قطب}$$

$$\text{السرعة الثالثة (٢٨٥٠) لفة/دقيقة} = ٢ \text{ قطب}$$

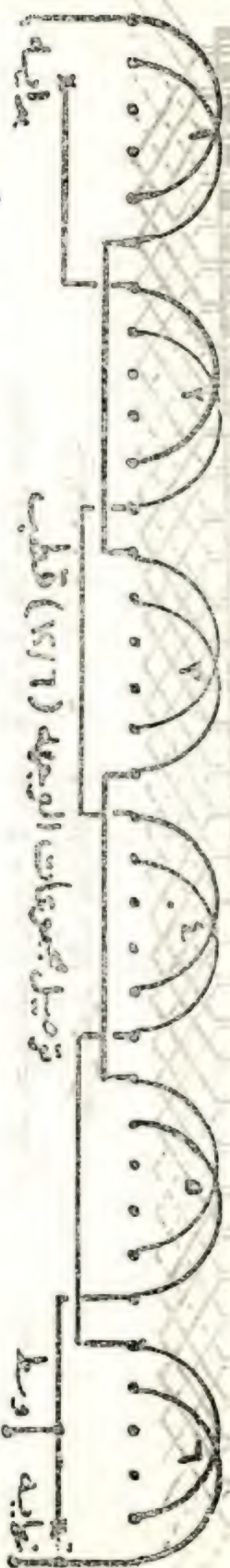
$$\text{عدد مجموعات كل وجه} = ٨ \div ٢ = ٤ \text{ مجموعة .}$$

محرك ثلاثة أوجه ٣٦ مجرى سرعتين خطوة لنسبة (١ - ٥) ١٢/٦ قطب

عدد مجموعات كل وجه ٦ مجموعة توصل كلها سبق شرحه



— ٢٢ —



يمكن تنفيذ هذا المحرك على أسس خطوات ثابتة ١ - ٢ أو متداخلة ١ - ٢ - ٥

توصيل ارقام المجموعات

في هذا التقسيم تخرج جميع بدايات ونهايات المجموعات الى خارج المحرك حاملة ارقامها وعن طريق التوصيل لهذه الارقام وبعضها يمكن الحصول على السرعات المطلوبة حسب الآتى :

للحصول على السرعات في حالة (٢ / ٨٤ /) قطب

توصيل المجموعات لتشغيل المحرك على (٢ قطب) (٢٨٠٠ لفة/دقيقة) .

(B 1) مع A 7, B 7 مع B 2, A 2 مع B 8

الوجه الثانى وصل الارقام الآتية مع بعضها

(B 5) مع A 11, B 11 مع A 6 B 6 مع B 12

الوجه الثالث وصل الارقام الآتية مع بعضها

(B 4) مع A 10, B 10 مع B 3, A 3 مع B 9

أطراف رموس الدلتا وهى أطراف توصيل التيار

(A 4 مع A 1) طرف R (A 5 مع A 8) طرف S (A 9 مع A 12)
طرف T

توصيل المجموعات لتشغيل على (٤ قطب) (١٤٠٠ لفة/دقيقة)

الوجه الاول وصل الارقام الآتية مع بعضها

(A 7 مع B 1) , (B 4 مع A 10)

الوجه الثانى وصل الارقام الآتية مع بعضها

(B 5 مع A 11) , (A 2 مع B 8)

الوجه الثالث وصل الارقام الآتية مع بعضها

(B 3 مع A 9) , (A 12 مع B 6)

توصيل نقطة النجمة المزدوجة

(A 1 مع B 10 مع A 5 مع B 2 مع A 3 مع A 12)

أطراف توصيل التيار

(B 7, A 4) طرف R (A 8 مع B 11) طرف S (A 6 مع B 9) طرف T

$$\text{عدد ملفات المجموعة الواحدة} = \frac{2 \times 24}{3 \times 8} = 2 \text{ ملف}$$

$$\text{خطوة اللف} = 2 + 3 = 5 - 1 = 4 \text{ مجرى}$$

مثال آخر

محرك ثلاثة اوجه يحتوى على ٣٦ مجرى يعطى سرعات متدارها (٧٠٠ ، ١٤٠٠ ، ٢٨٠٠) لفة/دقيقة يراد تقسيمه واعادة لفة .

التقسيم

السرعة الاولى (٧٠٠) لفة/دقيقة = ٨ قطب

السرعة الثانية (١١٤٠) لفة/دقيقة = ٤ قطب

السرعة الثالثة (٢٨٠٠) لفة/دقيقة = ٢ قطب

عدد مجموعات الواحد = $8 \div 2 = 4 = 4$ مجموعة .

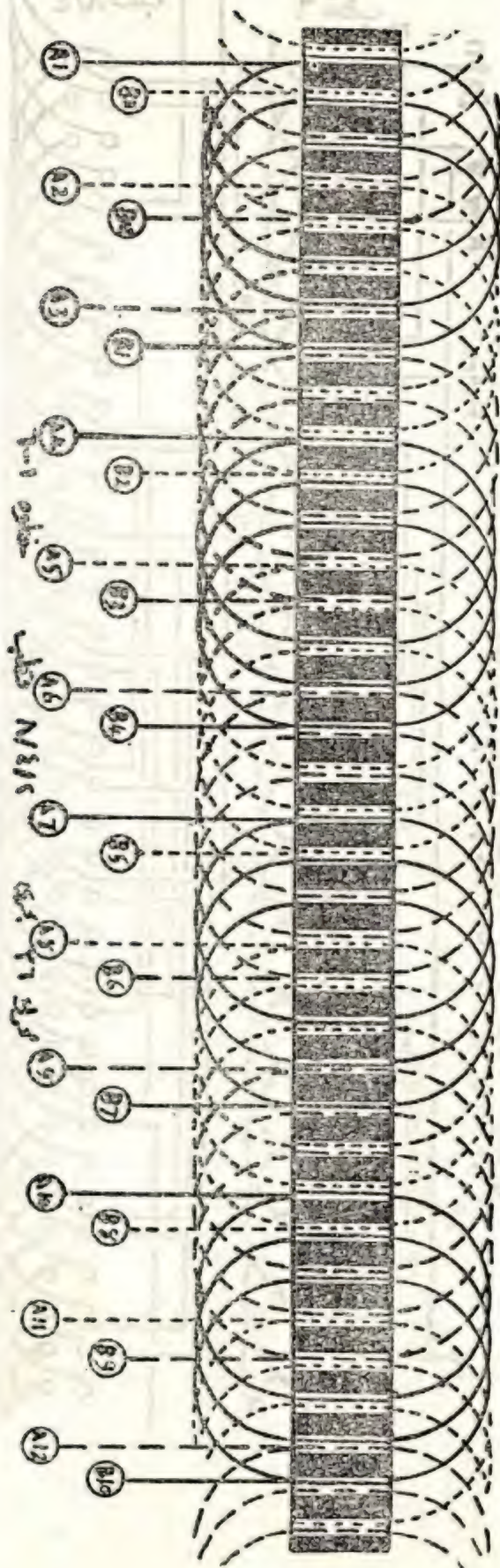
$$\text{عدد ملفات المجموعة الواحدة} = \frac{2 \times 36}{3 \times 8} = 3 \text{ مجموعة}$$

$$\text{خطوة اللف} = 3 + 3 = 6 - 1 = 5 \text{ مجرى}$$

بعد عملية التقسيم السابقة لاي محرك يحتوى على ثلاثة سرعات نبدأ في عملية اعداد الملفات على اساس جانبان في المجرى ويكون مساحة مقطع السلك وعدد لفات الملف على اساس ان المحرك سرعة واحدة وهى السرعة الصغيرة .

عند اسقاط الملفات نبدأ بملفات المجموعة الاولى للوجه الاول ونعطى لبدائيتها رقم (A 1) ونهايتها رقم (B 1) ثم اعطى للمجموعة التى تليها وهى لوجه آخر عند اسقاطها البداية (A 2) والنهاية (B 2) وهكذا المجموعة الثالثة عند اسقاطها بدائيتها (A 3) ونهايتها (B 3) استمر في هذا التسلسل للأرقام والمجموعات عند اسقاطها حتى تنتهى كل المجموعات . وبذلك نجد في حالة المحرك (٨/٤/٢) قطب سواء كان ٢٤ مجرى أو ٣٦ مجرى يخرج لنا اثنى عشر طرفا بداية واثنى عشر طرفا نهاية — اخرج هذه الاطراف جميعها الى علبة التوزيع حيث لا يوجد توصيل مجموعات داخل المحرك كما هو الحال في السرعين .

انفراد لف محرك ٣ أوجه ٣٦ مجرى ٣ سرعات
 قطب $8/4/2$
 اتباع في تنفيذ هذا المحرك كل ما جاء في المحرك السابق



توصيل المجموعات لتشغيل المحرك على (٨ قطب) (٧٠٠ لفة/دقيقة)

الوجه الأول وصل الأرقام الآتية مع بعضها

(A 2 مع A 8, B 8 مع A 11, B 11 مع B 5)

الوجه الثانى وصل الأرقام الآتية مع بعضها

(B 1 مع B 7, A 7 مع B 4, A 4 مع A 10)

الوجه الثالث وصل أرقام الآتية مع بعضها

(B 3 مع B 9, A 9 مع B 6, A 6 مع A 12)

توصيل نقطة النجمة

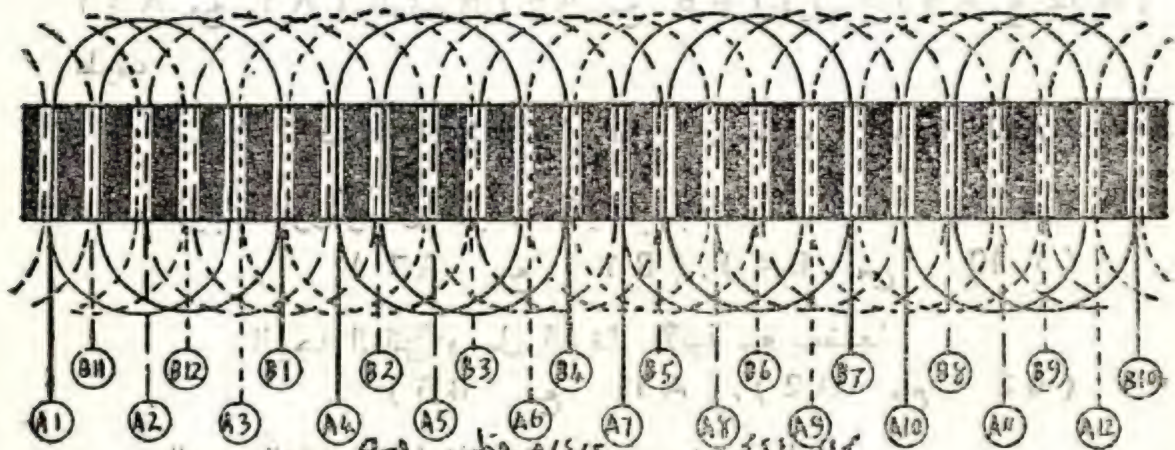
(A 1 مع A 3 مع A 5)

أطراف توصيل التيار

(B 2) طرف R (B 10) طرف S (B 12) طرف T

انفراد لف محرك ٢ أوجه ٣٦ مجرى ٣ سرعات

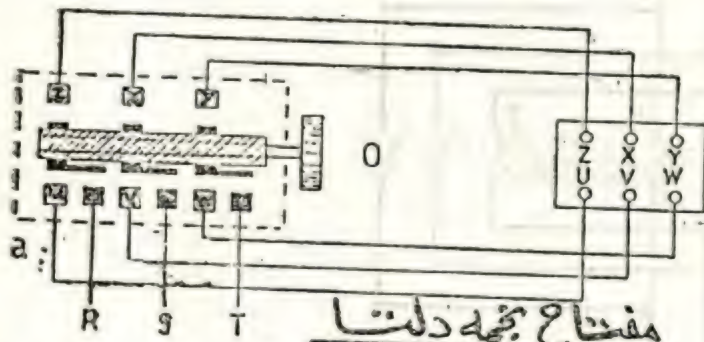
٨/٤/٢ قطب



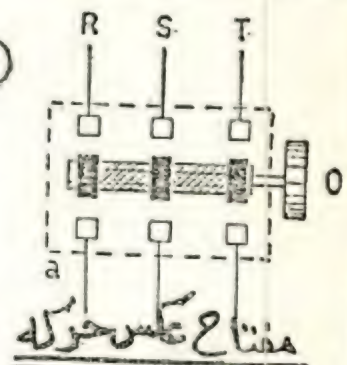
دوائر التشغيل والتحكم

في دوائر القوى يستعمل للتشغيل أو التحكم الكونكتورات أو المفاتيح الأتوماتيكية أو اليدوية سواء المستعمل فيها قواطع حرارية أو مغناطيسية أو حرارية ومغناطيسية معا والرسومات الآتية تبين مختلف هذه الدوائر .

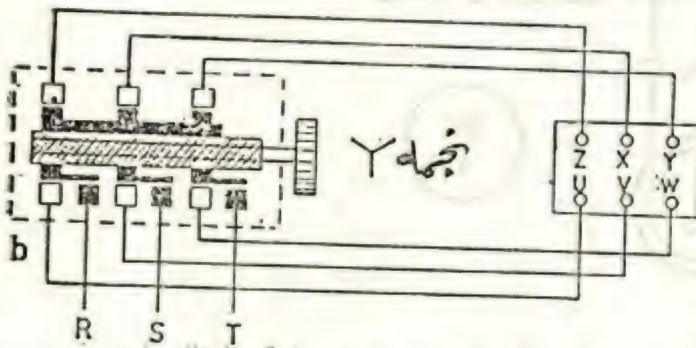
١



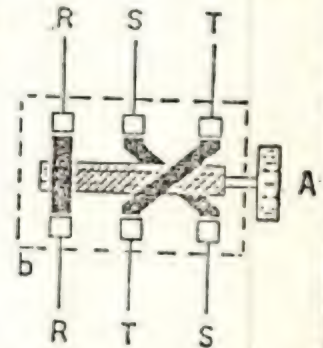
٤



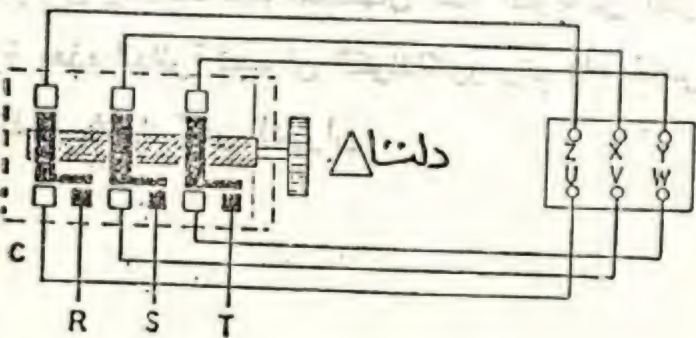
٢



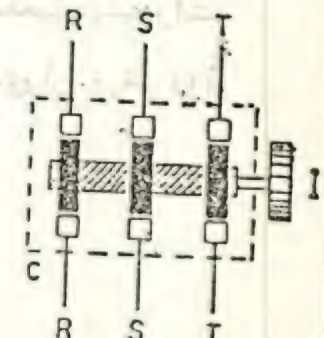
٥



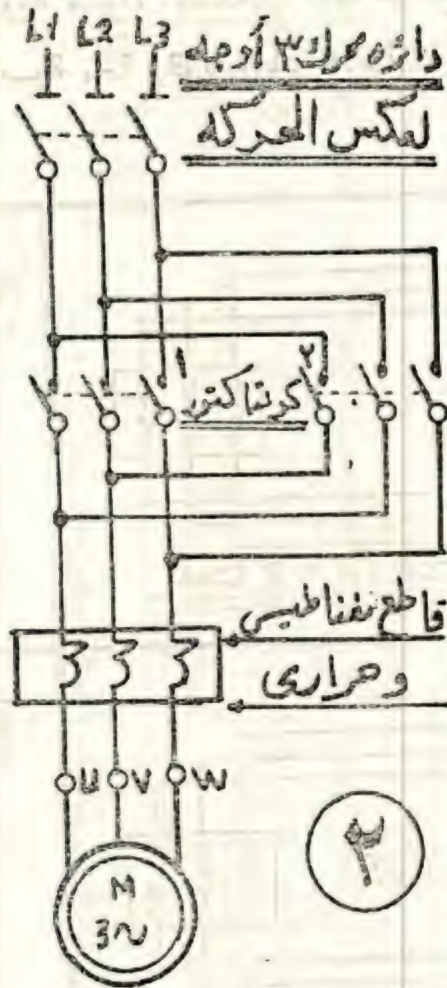
٣



٦

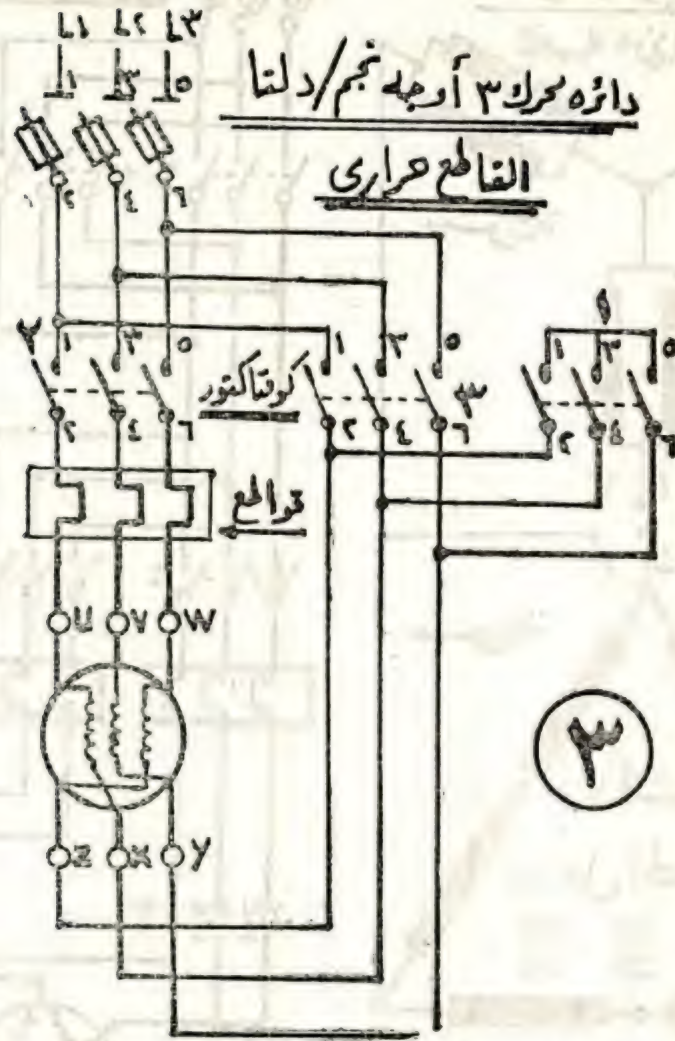


دائرة لعكس حركة محرك ثلاثة أوجه



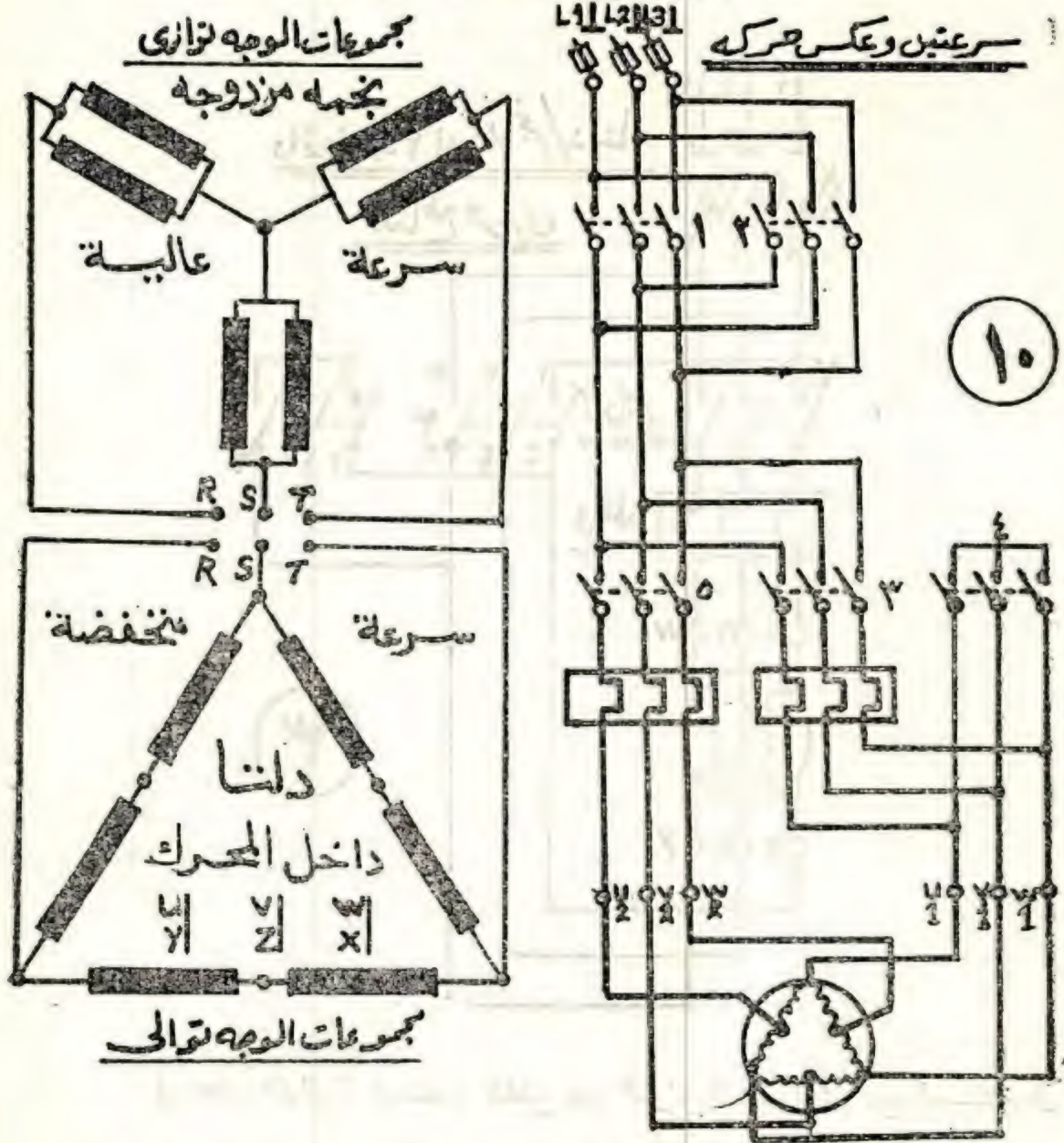
في هذه الدائرة استبدل القاطع الحرارى بقاطع آخر من نوع مغناطيسي حرارى ونلاحظ عند استعمال هذا النوع من القواطع لا نستعمل مصهرات. وفي هذه الدائرة نجد أن الكونتاكتر رقم (١) خاص باتجاه للدوران ورقم (٢) خاص باتجاه آخر للدوران.

دائرة محرك ثلاثة أوجه نجم / دلتا



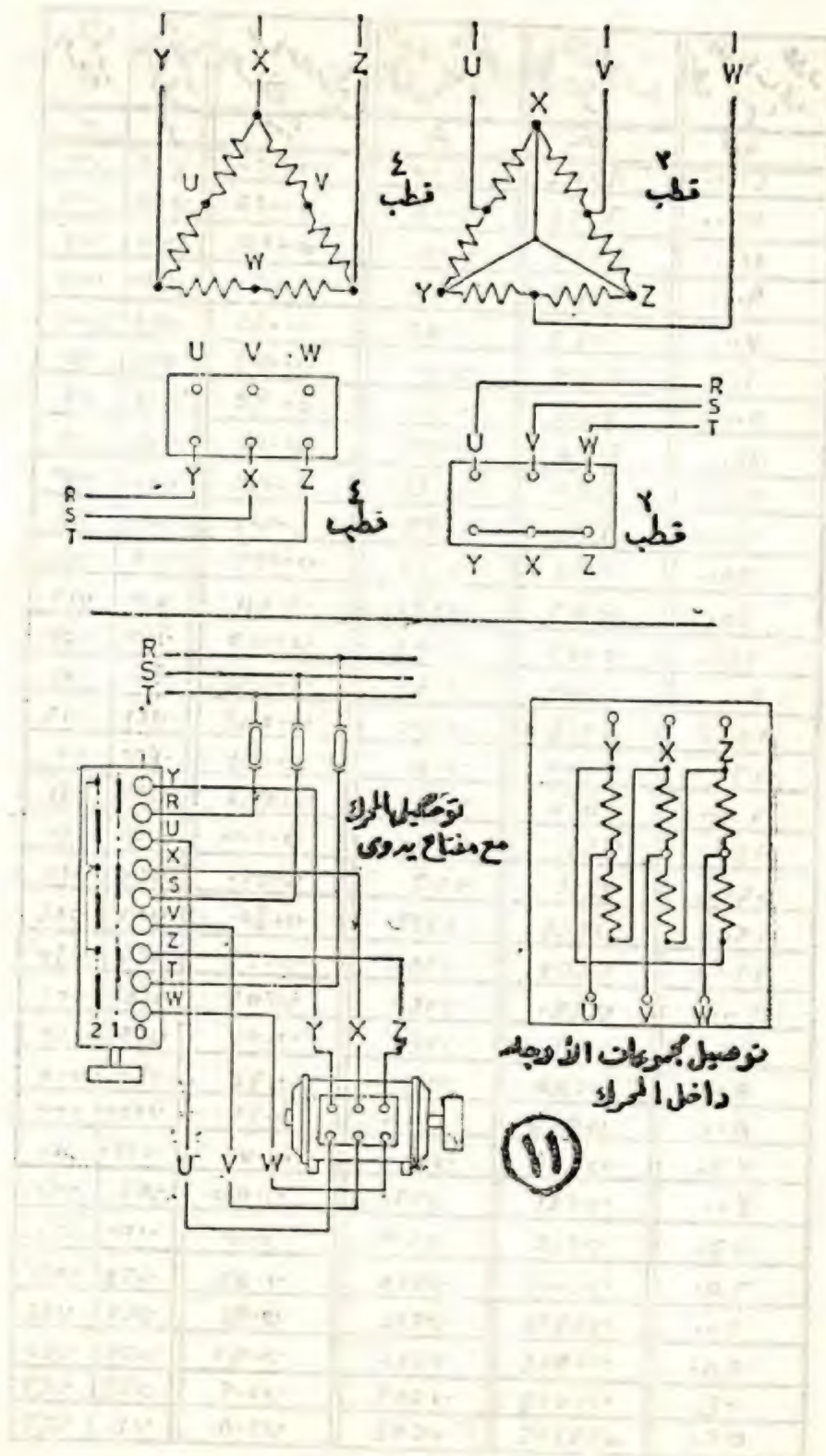
في هذه الدائرة استعمل قاطع من النوع الحرارى مع استعمال
المصهرات كما نجد أن هناك عدد ثلاثة كونتاكتور يستعمل فيها رقم (١) ورقم
(٢) لتشغيل المحرك نجمة مع ترك رقم (٣) دون استعمال .
عند تحويل المحرك على الدلتا يفتح الكونتاكتور رقم (١) ويوصل رقم
(٣) مع رقم (٢) باقى التوصيل .

دائرة محرك ثلاثة أوجه سرعتين مع عكس الحركة



- في هذه الدائرة استعمال عدد اثنين قاطع حرارى وعدد خمسة كونتاكتور ولتشغيل المحرك للحصول على سرعة معينة وفي اتجاه معين نتبع الآتى :
- ١ - للحصول على سرعة منخفضة في اتجاه نستعمل الكونتاكتور رقم (١) ورقم (٣) .
 - ٢ - للحصول على سرعة منخفضة في اتجاه آخر نستعمل الكونتاكتور رقم (٢) ورقم (٣) .
 - ٣ - للحصول على سرعة عالية في اتجاه نستعمل الكونتاكتور رقم (١) ورقم (٤) ورقم (٥) .
 - ٤ - للحصول على سرعة عالية في اتجاه آخر نستعمل الكونتاكتور رقم (٢) ورقم (٤) ورقم (٥) .

دائرة محرك ثلاثة اوجه سرعتين مع مفتاح يدوي



جدول قطر ومساحة مقطع أسلاك الفولاذ وشدة التيار

| القطر بالنظر إلى | مساحة المقطع بـ | شدة تيار أقصى بـ | المقاومة بـ | التيار بـ |
|------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|--------------|
| ٥ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٦ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٧ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٨ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٩ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٠ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١١ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٢ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٣ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٤ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٥ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٦ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٧ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٨ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ١٩ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٠ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢١ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٢ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٣ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٤ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٥ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٦ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٧ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٨ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٢٩ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٠ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣١ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٢ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٣ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٤ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٥ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٦ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٧ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٨ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٣٩ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |
| ٤٠ | ٠.٠٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ | ٠.٠٠ |

(تابع) جدول اسلاك اللف

للفائف المصنوعة من

| اللفائف في كل سم | المقاومة لكل متر | التيار الذي يوصلها بمطابق | سعة مقطع السلك | القطر بالغز | القطر بالإنش |
|---------------------|---------------------|---------------------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| ٥٠٠ | ١٠٥٤٧ | ١٢٨٩ | ١١٤ | ١١ | ٢٨ |
| ٤٧٥ | ١١٤٦٩ | ١٢٠٤ | ١١٥ | ١٢ | ٢٩ |
| ٤٥٠ | ١٢٤٩٦ | ١٢٠ | ١١٦ | ١٣ | ٣٠ |
| ٤٢٥ | ١٣٦٦٦ | ١٢٥٤ | ١١٧ | ١٤ | ٣١ |
| ٤٠٠ | ١٤٠٩ | ١٢٧٠ | ١١٨ | ١٥ | ٣٢ |
| ٣٧٥ | ١٤٠٤ | ١٢٠٥ | ١١٩ | ١٦ | ٣٣ |
| ٣٥٠ | ١٥١٢ | ١٢٤٤ | ١٢٠ | ١٧ | ٣٤ |
| ٣٢٥ | ١٥٩٧ | ١٢٦١ | ١٢١ | ١٨ | ٣٥ |
| ٣٠٠ | ١٨٩٤ | ١٣٠٠ | ١٢٢ | ١٩ | ٣٦ |
| ٢٥٠ | ١٧٢٨ | ١٣٠٥ | ١٢٣ | ٢٠ | ٣٧ |
| ٢٢٥ | ١٧٢١ | ١٣٠ | ١٢٤ | ٢١ | ٣٨ |
| ٢٠٠ | ١٨٦٤ | ١٣٤٥ | ١٢٥ | ٢٢ | ٣٩ |
| ١٧٥ | ١٩٥٥ | ١٣٨٠ | ١٢٦ | ٢٣ | ٤٠ |
| ١٥٠ | ٢٠٩٥ | ١٤٢٥ | ١٢٧ | ٢٤ | ٤١ |
| ١٢٥ | ٢٢٤٨ | ١٤٨٠ | ١٢٨ | ٢٥ | ٤٢ |
| ١٠٠ | ٢٤١٨ | ١٤٤٥ | ١٢٩ | ٢٦ | ٤٣ |
| ٩٠ | ٢٥٧٥ | ١٤٦٥ | ١٣٠ | ٢٧ | ٤٤ |
| ٨٠ | ٢٧٤٦ | ١٤٨٥ | ١٣١ | ٢٨ | ٤٥ |
| ٧٠ | ٢٩٢٦ | ١٥٠٠ | ١٣٢ | ٢٩ | ٤٦ |
| ٦٠ | ٣١١٤ | ١٥٠٠ | ١٣٣ | ٣٠ | ٤٧ |
| ٥٥ | ٣٢١٥ | ١٥٠٠ | ١٣٤ | ٣١ | ٤٨ |
| ٥٠ | ٣٣٢٥ | ١٥٠٠ | ١٣٥ | ٣٢ | ٤٩ |
| ٤٥ | ٣٤٤٥ | ١٥٠٠ | ١٣٦ | ٣٣ | ٥٠ |
| ٤٠ | ٣٥٦٥ | ١٥٠٠ | ١٣٧ | ٣٤ | ٥١ |
| ٣٥ | ٣٦٨٥ | ١٥٠٠ | ١٣٨ | ٣٥ | ٥٢ |
| ٣٠ | ٣٨٠٥ | ١٥٠٠ | ١٣٩ | ٣٦ | ٥٣ |
| ٢٥ | ٣٩٢٥ | ١٥٠٠ | ١٤٠ | ٣٧ | ٥٤ |
| ٢٠ | ٤٠٤٥ | ١٥٠٠ | ١٤١ | ٣٨ | ٥٥ |
| ١٥ | ٤١٦٥ | ١٥٠٠ | ١٤٢ | ٣٩ | ٥٦ |
| ١٠ | ٤٢٨٥ | ١٥٠٠ | ١٤٣ | ٤٠ | ٥٧ |
| ٥ | ٤٣٨٥ | ١٥٠٠ | ١٤٤ | ٤١ | ٥٨ |

| | | | | | |
|----|------|------|-----|----|----|
| ١٧ | ١٢٨٩ | ١٢٨٩ | ١١٤ | ١١ | ٢٨ |
| ١٦ | ١١٤٦ | ١٢٠٤ | ١١٥ | ١٢ | ٢٩ |

أقصى تيار يسمح بهروره في الأسلاك
المعزولة بالمطاط والبلاستيك

س

| المقطع الديسي | تكرين الموصل | المقطع مم الفعلي | المقاومه عند درجة ٢٠ م | شع التيار |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------------|--------------|
| ٢١ | ١٠ X ١٠ مم | ٩٥٠ | ١٨٥ أوم / ٢٥ | ٥ |
| ١,٥ | ١٠ X ١٠ | ١٥٤٠ | ١١ و ٤٠ | ٧ |
| ٢ | ١٠ X ٦ | ٢٠١٠ | ٨ و ٧٣ | ١٠ |
| ٣ | ٧ X ٧ | ٣٠١٠ | ٥ و ٨٤ | ١٥ |
| ٤ | ٧ X ٨ | ٣٩٧٤ | ٤ و ٢٦ | ٢٢ |
| ٦ | ٧ X ٥ | ٦٠-٦١ | ٦ و ٨٥٦ | ٢٨ |
| ١٠ | ٧ X ٣ | ٩٢٩١ | ١ و ٧٥٥ | ٣٥ |
| ١٦ | ٧ X ٧ | ١٥٨٨٩ | ١ و ١٠٧ | ٤٢ |
| ٢٥ | ١٩ X ٣ | ٢٥٢١٨ | ٦ و ٦٤٩ | ٦٥ |
| ٣٥ | ١٩ X ٥ | ٣٣٥٨٠ | ٦ و ٥٢٦ | ٨٠ |
| ٥٠ | ١٩ X ٨ | ٤٨٤٣٩ | ٦ و ٣٣٦ | ١١٠ |
| ٧٠ | ١٩ X ١٠ | ٦٥٨٠٨ | ٦ و ٢٣٥ | ١٣٥ |

الومنيوم

| م | م | م | ادم كيلومتر | أسير |
|----|---------|-------|-------------|------|
| ٦ | ٧ X ١٠ | ٦٤-٦٥ | ٥٠ و ٣ | ٢٢ |
| ١٠ | ٧ X ٣٥ | ٩٢٩١ | ٥ و ٨٧٥ | ٢٨ |
| ١٦ | ٧ X ٧ | ١٥٨٨٩ | ٩٠ و ١٧ | ٣٣ |
| ٢٥ | ٧ X ١٤ | ٢٥٠٢١ | ٦٠ و ١٠ | ٥٢ |
| ٣٥ | ٧ X ٥٢ | ٣٤٠٧٩ | ٦٠ و ٨ | ٦٤ |
| ٥٠ | ٧ X ٣٠ | ٤٩٤٢٠ | ٦٠ و ٦ | ٨٨ |
| ٧٠ | ١٩ X ١٤ | ٦٩٧٠٠ | ٣٣ و ٤ | ١٠٥ |
| ٩٥ | ١٩ X ٥٢ | ٩٤٤٣٠ | ١٩ و ٣ | ١٤٤ |

جدول لحساب شدة التيار (أمبير)
في محركات التيار المتغير وجه وثلاثة أوجه

جدول لحساب شدة التيار في المحركات

| القدرة | الأمبير | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | محركات ثلثة اوجه تردد من ٥٠-٦٠ | | | | | | | | |
| حصان | ٢٠ | ٣٠ | ٤٠ | ٥٠ | ٦٠ | ٧٠ | ٨٠ | ٩٠ | ١٠٠ |
| ٣٧ | ١,٨ | ١,٠٣ | | | ١ | ٠,٦ | ٣,١٢ | ٤,٢٦ | |
| ٥٥ | ٢,٧٥ | ١,٦ | | | ١,٢١ | ٠,٩ | ٤,٧٦ | ٣,٣١ | |
| ٧٥ | ٣,٥ | ٢ | ٢ | ١,٦٨ | ١,٥ | ١,١ | ٦,٠١ | ٤,٢٩ | |
| ١٠٠ | ٤,٤ | ٢,٦ | ٢,٥ | ٢,٣٧ | ٢ | ١,٥ | ٧,٦ | ٦,٢٥ | |
| ١٢٥ | ٦ | ٣,٥ | ٣,٥ | ٣,٥٦ | ٢,٦ | ٢ | ١٠,٤ | ٨,٢٥ | |
| ١٥٠ | ٨,٧ | ٥ | ٥ | ٤,٤٤ | ٣,٨ | ٢,٨ | ١٥,١ | ١٢,٣ | |
| ١٧٥ | ١١,٥ | ٦,٦ | ٦,٥ | ٥,١٧ | ٥ | ٣,٨ | ٢٠ | ١٦,٢ | |
| ٢٠٠ | ١٤,٥ | ٨,٥ | | | ٦,٥ | ٤,٩ | ٢٥,١ | ٢٠,٦ | |
| ٢٢٥ | ١٧,٥ | ١١,٥ | ١١ | ١٠,٤ | ٩ | ٦,٦ | ٣٤,٦ | ٢٩,٢ | |
| ٢٥٠ | ٢٧ | ١٥,٥ | ١٤ | ١٣,٧ | ١٢ | ٨,٩ | ٤٦,٨ | ٣٨,٤ | |
| ٢٧٥ | ٣٥ | ٢٠ | | | ١٥ | ١١,٥ | ٦٠ | ٥٢ | |
| ٣٠٠ | ٣٩ | ٢٤ | ٢١ | ٢٠,١ | ١٧ | ١٢,٧ | ٦٨ | ٥٧ | |
| ٣٢٥ | ٥٢ | ٣٠ | ٢٨ | ٢٦,٥ | ٢٣ | ١٧,٣ | ٩٠ | ٧٦ | |
| ٣٥٠ | ٦٤ | ٣٧ | ٣٥ | ٣٤,٨ | ٢٨,٥ | ٢١,٣ | ١١١ | ٩٤ | |
| ٣٧٥ | ٧٥ | ٤٤ | ٤٠ | ٣٩ | ٣٣ | ٢٥,٤ | ١٣٠ | ١١٣ | |
| ٤٠٠ | ١٠٣ | ٦٠ | ٥٥ | ٥١,٥ | ٤٥ | ٣٤,٦ | ١٧٨ | ١٥٠ | |
| ٤٢٥ | ١٢٦ | ٧٢,٥ | ٦٦ | ٦٤ | ٥٥ | ٤١,٨ | ٢١٨ | ١٨٦ | |
| ٤٥٠ | ١٤٧ | ٨٥ | ٨٠ | ٧٦,٣ | ٦٥ | ٤٩ | ٢٥٤ | ٢٢١ | |
| ٤٧٥ | ١٨٢ | ١٠٥ | ١ | | ٨٠ | ٦٠,٦ | ٣١٥ | ٢٧٦ | |
| ٥٠٠ | ٢٢٩ | ١٣٨ | ١٣٥ | ١٢٥ | ١٠٥ | ٧٩,٦ | ٤١٤ | ٣٦٤ | |

جدول سعة المكثفات المستعملة مع محركات
الوجه الواحد المزودة والفير مزودة بمفتاح طرد

محركات وجه واحد غير مزودة بمفتاح طرد

| محركات ٢ قطب ميكروفراد | | | | | محركات ٤ قطب ميكروفراد | | | | |
|------------------------|----|------|---------------------|---------------------|------------------------|----|------|---------------------|---------------------|
| سعة المكثف | من | الى | القيمة التي تفرز | القيمة التي تفرز | سعة المكثف | من | الى | القيمة التي تفرز | القيمة التي تفرز |
| | | | | | | | | | |
| ٥ | ٣ | ٠,٦٨ | ٢٢. | ٩٠ | ٨ | ٥ | ١,٠٦ | ٢٢. | ١٢. |
| ٦ | ٤ | ١,٢٣ | ٢٢. | ١٢. | ١٠ | ٧ | ١,٤٤ | ٢٢. | ١٨. |
| ٩ | ٦ | ١,٥٥ | ٢٢. | ١٨. | ١٠ | ٧ | ١,٨ | ٢٢. | ٢٥. |
| ١٢ | ٨ | ١,٩٨ | ٢٢. | ٢٥. | ١٥ | ١٠ | ٢,٥٥ | ٢٢. | ٣٧. |
| ١٦ | ١٠ | ٢,٧ | ٢٢. | ٣٧. | ٢٠ | ١٤ | ٣,٦٥ | ٢٢. | ٥٥. |
| ٢٢ | ١٨ | ٣,٨٥ | ٢٢. | ٥٥. | ٢٢ | ١٨ | ٤,٨٥ | ٢٢. | ٧٥. |
| ٣٠ | ٢٤ | ٤,٩ | ٢٢. | ٧٥. | ٣٥ | ٢٥ | ٦,٨ | ٢٢. | ١١٠. |
| ٤٠ | ٣٥ | ٧,٠ | ٢٢. | ١١٠. | ٦٠ | ٤٥ | ٩,١ | ٢٢. | ١٥٠. |

محركات وجه واحد مزودة بمفتاح طرد مركزي

| محركات ٢ قطب ميكروفراد | | | | | محركات ٤ قطب ميكروفراد | | | | |
|------------------------|-----|------|---------------------|---------------------|------------------------|-----|------|---------------------|---------------------|
| سعة المكثف | من | الى | القيمة التي تفرز | القيمة التي تفرز | سعة المكثف | من | الى | القيمة التي تفرز | القيمة التي تفرز |
| | | | | | | | | | |
| ٢٢ | ١٥ | ١,٩٢ | ٢٢. | ١٢. | ١٨ | ١٢ | ١,٥٤ | ٢٢. | ٩٠ |
| ٣٠ | ٢٥ | ٢,٤٧ | ٢٢. | ١٨. | ١٨ | ١٢ | ١,٧٤ | ٢٢. | ١٢٠ |
| ٤٥ | ٣٥ | ٣,٠٥ | ٢٢. | ٢٥. | ٣٠ | ٢٠ | ١,٩٧ | ٢٢. | ١٨٠ |
| ٤٥ | ٣٥ | ٤,٤ | ٢٢. | ٣٧. | ٤٥ | ٣٢ | ٢,٥٨ | ٢٢. | ٢٥٠ |
| ٦٠ | ٥٠ | ٥,٥ | ٢٢. | ٥٥. | ٥٥ | ٥٠ | ٣,٦ | ٢٢. | ٣٧٠ |
| ١١٠ | ٩٠ | ٧,٣ | ٢٢. | ٧٥. | ٦٥ | ٥٥ | ٥,٠ | ٢٢. | ٥٥٠ |
| ١٢٥ | ١١٥ | ٩,٧ | ٢٢. | ١١٠. | ١٠٠ | ٧٥ | ٦,٢ | ٢٢. | ٧٥٠ |
| ١٤٥ | ١٢٠ | ١٢,٨ | ٢٢. | ١٥٠. | ١٣٠ | ١١٠ | ٨,٦ | ٢٢. | ١١٠٠ |
| — | — | — | — | — | ١٧٠ | ١٤٠ | ١١,٥ | ٢٢. | ١٥٠٠ |
| — | — | — | — | — | ٢٤٠ | ٢٠٠ | ١٦,٥ | ٢٢. | ٢٢٠٠ |

باب الجداول الخاصة بالمحولات

قلب المحول في قيم الفلزات

| القدرية وات | مساحة سطح القلب بوحدة مربعه | | |
|----------------|-----------------------------|--------|--------|
| | نزد ٤٠ | نزد ٥٠ | نزد ٦٠ |
| ١٠ | ١٤ | ٢٣ | ٣٥ |
| ١٥ | ٥٠ | ٨٤ | ١٢٠ |
| ٢٠ | ٩٠ | ١٢٠ | ١٥٠ |
| ٢٥ | ١٢٥ | ١٦٠ | ١٩٠ |
| ٣٠ | ١٦٠ | ٢٠٠ | ٢٣٠ |
| ٣٥ | ٢٠٠ | ٢٤٠ | ٢٧٠ |
| ٤٠ | ٢٤٠ | ٢٨٠ | ٣١٠ |
| ٤٥ | ٢٨٠ | ٣٢٠ | ٣٥٠ |
| ٥٠ | ٣٢٠ | ٣٦٠ | ٣٩٠ |
| ٥٥ | ٣٦٠ | ٤٠٠ | ٤٣٠ |
| ٦٠ | ٤٠٠ | ٤٤٠ | ٤٧٠ |
| ٦٥ | ٤٤٠ | ٤٨٠ | ٥١٠ |
| ٧٠ | ٤٨٠ | ٥٢٠ | ٥٥٠ |
| ٧٥ | ٥٢٠ | ٥٦٠ | ٥٩٠ |
| ٨٠ | ٥٦٠ | ٦٠٠ | ٦٣٠ |
| ٨٥ | ٦٠٠ | ٦٤٠ | ٦٧٠ |
| ٩٠ | ٦٤٠ | ٦٨٠ | ٧١٠ |
| ٩٥ | ٦٨٠ | ٧٢٠ | ٧٥٠ |
| ١٠٠ | ٧٢٠ | ٧٦٠ | ٧٩٠ |

جدول عدد لفات الفلزات الواحد حسب الزرد

| الترتيب | القلب | عدد لفات الفلزات الواحد | | النتيجة | مساحة سطح القلب بوحدة مربعه |
|---------|-------|-------------------------|--------|---------|-----------------------------|
| | | نزد ٦٠ | نزد ٥٠ | | |
| ١ | ١ | ١٢,٣ | ١٠ | ١٢٠ | ١ |
| ٢ | ٢ | ١٩,٥ | ١٦,٥ | ١٢٠ | ٢ |
| ٣ | ٣ | ٢٤,٧ | ٢١,٥ | ١٢٠ | ٣ |
| ٤ | ٤ | ٢٩,٧ | ٢٦,٥ | ١٢٠ | ٤ |
| ٥ | ٥ | ٣٤,٧ | ٣١,٧ | ١٢٠ | ٥ |
| ٦ | ٦ | ٣٩,٥ | ٣٦,٥ | ١٢٠ | ٦ |
| ٧ | ٧ | ٤٤,٥ | ٤١,٥ | ١٢٠ | ٧ |
| ٨ | ٨ | ٤٩,٥ | ٤٦,٥ | ١٢٠ | ٨ |
| ٩ | ٩ | ٥٤,٥ | ٥١,٥ | ١٢٠ | ٩ |
| ١٠ | ١٠ | ٥٩,٥ | ٥٦,٥ | ١٢٠ | ١٠ |
| ١١ | ١١ | ٦٤,٥ | ٦١,٥ | ١٢٠ | ١١ |
| ١٢ | ١٢ | ٦٩,٥ | ٦٦,٥ | ١٢٠ | ١٢ |
| ١٣ | ١٣ | ٧٤,٥ | ٧١,٥ | ١٢٠ | ١٣ |
| ١٤ | ١٤ | ٧٩,٥ | ٧٦,٥ | ١٢٠ | ١٤ |
| ١٥ | ١٥ | ٨٤,٥ | ٨١,٥ | ١٢٠ | ١٥ |
| ١٦ | ١٦ | ٨٩,٥ | ٨٦,٥ | ١٢٠ | ١٦ |
| ١٧ | ١٧ | ٩٤,٥ | ٩١,٥ | ١٢٠ | ١٧ |
| ١٨ | ١٨ | ٩٩,٥ | ٩٦,٥ | ١٢٠ | ١٨ |
| ١٩ | ١٩ | ١٠٤,٥ | ١٠١,٥ | ١٢٠ | ١٩ |
| ٢٠ | ٢٠ | ١٠٩,٥ | ١٠٦,٥ | ١٢٠ | ٢٠ |

جدول أسلاك النيكل كروم المستديرة المقطع والمبطط

جدول سلك نیگل کروم (مبطط) =

[illegible]

جدول تنفيذى لأجهزة التسخين (قطر، طول السلك)

| القطر (م) | ١١. قولت | | ٢٢. قولت | |
|-----------|----------|-------|----------|-------|
| | القطر | الطول | القطر | الطول |
| ١٠٠ | ١٠ | ٢١٥ | ١٠ | ٣١٤ |
| ١٥٠ | ١٢ | ٢٢٠ | ١٢ | ٣٦٠ |
| ٢٠٠ | ١٤ | ٢٢٧ | ١٤ | ٤٢٠ |
| ٢٥٠ | ١٦ | ٢٣٠ | ١٦ | ٤٢٠ |
| ٣٠٠ | ١٨ | ٢٣٥ | ١٨ | ٥١٤ |
| ٣٥٠ | ٢٠ | ٢٤٠ | ٢٠ | ٥١٨ |
| ٤٠٠ | ٢٢ | ٢٤٥ | ٢٢ | ٥٢٢ |
| ٤٥٠ | ٢٤ | ٢٥٧ | ٢٤ | ٥٢٨ |
| ٥٠٠ | ٢٦ | ٢٦٤ | ٢٦ | ٥٣٥ |
| ٥٥٠ | ٢٨ | ٢٧٠ | ٢٨ | ٥٤٠ |
| ٦٠٠ | ٣٠ | ٢٧٠ | ٣٠ | ٥٤٥ |
| ٦٥٠ | ٣٢ | ٢٨٠ | ٣٢ | ٥٥٠ |
| ٧٠٠ | ٣٤ | ٢٩٠ | ٣٤ | ٥٥٧ |
| ٧٥٠ | ٣٦ | ٢٩٠ | ٣٦ | ٥٦٠ |
| ٨٠٠ | ٣٨ | ٣٠٠ | ٣٨ | ٥٦٤ |
| ٨٥٠ | ٤٠ | ٣١٠ | ٤٠ | ٥٦٨ |
| ٩٠٠ | ٤٢ | ٣٢٠ | ٤٢ | ٥٧٠ |
| ٩٥٠ | ٤٤ | ٣٢٠ | ٤٤ | ٥٧٠ |
| ١٠٠٠ | ٤٦ | ٣٢٠ | ٤٦ | ٥٧٠ |
| ١٠٥٠ | ٤٨ | ٣٢٠ | ٤٨ | ٥٧٠ |
| ١١٠٠ | ٥٠ | ٣٢٠ | ٥٠ | ٥٧٠ |
| ١١٥٠ | ٥٢ | ٣٢٠ | ٥٢ | ٥٧٠ |
| ١٢٠٠ | ٥٤ | ٣٢٠ | ٥٤ | ٥٧٠ |
| ١٢٥٠ | ٥٦ | ٣٢٠ | ٥٦ | ٥٧٠ |
| ١٣٠٠ | ٥٨ | ٣٢٠ | ٥٨ | ٥٧٠ |
| ١٣٥٠ | ٦٠ | ٣٢٠ | ٦٠ | ٥٧٠ |
| ١٤٠٠ | ٦٢ | ٣٢٠ | ٦٢ | ٥٧٠ |
| ١٤٥٠ | ٦٤ | ٣٢٠ | ٦٤ | ٥٧٠ |
| ١٥٠٠ | ٦٦ | ٣٢٠ | ٦٦ | ٥٧٠ |
| ١٥٥٠ | ٦٨ | ٣٢٠ | ٦٨ | ٥٧٠ |
| ١٦٠٠ | ٧٠ | ٣٢٠ | ٧٠ | ٥٧٠ |
| ١٦٥٠ | ٧٢ | ٣٢٠ | ٧٢ | ٥٧٠ |
| ١٧٠٠ | ٧٤ | ٣٢٠ | ٧٤ | ٥٧٠ |
| ١٧٥٠ | ٧٦ | ٣٢٠ | ٧٦ | ٥٧٠ |
| ١٨٠٠ | ٧٨ | ٣٢٠ | ٧٨ | ٥٧٠ |
| ١٨٥٠ | ٨٠ | ٣٢٠ | ٨٠ | ٥٧٠ |
| ١٩٠٠ | ٨٢ | ٣٢٠ | ٨٢ | ٥٧٠ |
| ١٩٥٠ | ٨٤ | ٣٢٠ | ٨٤ | ٥٧٠ |
| ٢٠٠٠ | ٨٦ | ٣٢٠ | ٨٦ | ٥٧٠ |
| ٢٠٥٠ | ٨٨ | ٣٢٠ | ٨٨ | ٥٧٠ |
| ٢١٠٠ | ٩٠ | ٣٢٠ | ٩٠ | ٥٧٠ |
| ٢١٥٠ | ٩٢ | ٣٢٠ | ٩٢ | ٥٧٠ |
| ٢٢٠٠ | ٩٤ | ٣٢٠ | ٩٤ | ٥٧٠ |
| ٢٢٥٠ | ٩٦ | ٣٢٠ | ٩٦ | ٥٧٠ |
| ٢٣٠٠ | ٩٨ | ٣٢٠ | ٩٨ | ٥٧٠ |
| ٢٣٥٠ | ١٠٠ | ٣٢٠ | ١٠٠ | ٥٧٠ |

يستعمل هذا الجدول في حساب الملفات الخاصة بأجهزة التسخين حسب قدرة الجهاز مع العلم بأن كل من القطر المختار وطول السلك حسب شدة التيار وضغط الينبوع .

مطبعة الجبل لاوى

٢٠٢ شارع الترعة البولاقية — شبرا مصر

رقم الإيداع بدار الكتب ٣٥٠٦ / ١٩٩١

